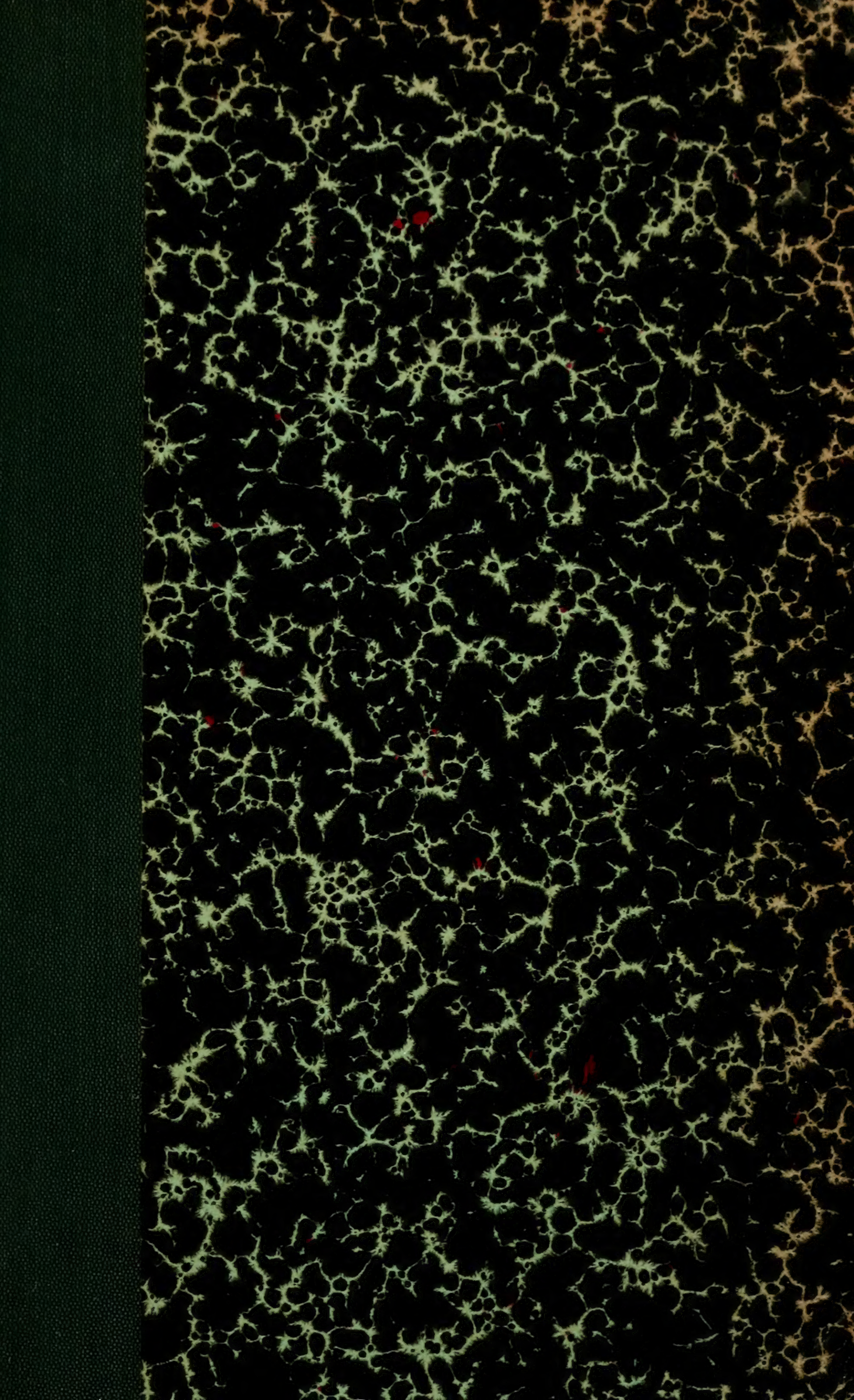
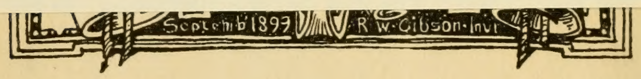



Septemb 1897
R. W. Gibson Inv

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Genève. — Impr. Ch. Eggimann & Cie. Pélisserie, 18.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CENT SIXIÈME ANNÉE

QUATRIÈME PÉRIODE

TOME ONZIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18.

LAUSANNE — G. BRIDEL ET Cie, Place de la Louve, 1

PARIS — G. MASSON, Boulevard St-Germain, 120

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, GEORG & Cie, A BALE

1901

L'EXPÉRIENCE

DE LA

ROTATION ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE

ET

L'INDUCTION UNIPOLAIRE

PAR

Ed. HAGENBACH-BISCHOFF
Professeur de physique à l'Université de Bâle

Traduit d'un programme universitaire par **H. VEILLON**

Dans un mémoire publié dans les *Annales de Wiedemann*[1], M. *Lecher* décrit quelques expériences qui le conduisent à qualifier de « paralogisme théorique et expérimental » l'explication ordinairement donnée par les traités de physique de certains phénomènes de rotation électro-magnétique. Ne partageant pas les opinions de M. *Lecher* sur ce sujet, j'ai fait, en collaboration avec M. *H. Veillon*, une série d'expériences dans le but d'élucider premièrement les points contes-

[1] Ernst Lecher. Ueber einen experimentellen und theoretischen Trugschluss in der Elektricitätslehre. *Wiedemann's Annalen*, Bd. 69, p. 781, 1899.

tés dans l'explication des phénomènes de rotation électro-magnétique, que *Faraday*[1] et *Ampère*[2] mirent en évidence dès après la découverte d'*Oersted*, et que plusieurs savants étudièrent ensuite en en variant les conditions. En second lieu, je me suis proposé d'obtenir par les mêmes expériences des éclaircissements sur les phénomènes connexes d'induction, auxquels *Wilh. Weber*[3] a donné le nom, peut-être malheureux, d'induction unipolaire. L'action réciproque entre un courant électrique et un pôle magnétique trouvant une expression précise dans la loi de *Biot-Savart*, il s'agissait de voir si les phénomènes en question peuvent être expliqués par cette loi. D'après mes expériences je crois être à même de démontrer qu'il en est ainsi.

L'appareil qui m'a servi était en principe pareil à celui de M. *Lecher*, et que l'on voit représenté dans la figure 1 de son mémoire. La différence était que le fil conducteur axial, désigné par a dans le dit mémoire, était, dans mon appareil, rigidement attaché aux aimants, et ensuite que la disposition permettait de n'employer aussi qu'un seul aimant, dans quel cas il pouvait s'adapter soit dans l'axe même de rotation, soit en dehors de celui-ci.

[1] Faraday (1821). Exp. Research. Vol. II, p. 127.

[2] Ampère (1822). *Annales de chimie et de physique*, tome 37, p. 113, tome 20, p. 60, et *Collection de mémoires relatifs à la physique*, publiés par la Société française de physique, tome II, p. 192 et tome III, pp 246 et 275.

[3] Wilh. Weber (1839). Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins im Jahre 1839, herausgegeben von Gauss & Weber, p. 63, und *Pogg. Ann.*. Bd. 51, p. 353.

I. — *Expériences avec un aimant central unique, mobile autour de son axe magnétique.*

Un barreau cylindrique aimanté (fig. 1), de 15 cm de longueur sur 1 cm de diamètre, est maintenu vertical et mobile par deux pointes, le pôle nord en bas. En *d* on voit un godet métallique fixé au fil conducteur inférieur recevant une pointe attachée à l'aimant, tandis qu'un autre godet adapté à l'aimant en *e* reçoit la pointe du conducteur supérieur. Le bon contact est assuré par du mercure dans les godets. On peut introduire dans l'appareil un courant moteur soit par le haut, soit par le bas, ou bien on peut retirer de l'appareil un courant induit soit par en haut, soit par en bas, tout en maintenant chaque fois le fil dans l'axe de l'appareil, du moins autant que cela est matériellement possible, puisque le circuit doit toujours se refermer quelque part. Le courant moteur ou le courant induit peut en outre être introduit ou recueilli au milieu C, ou en tout autre point de l'aimant que l'on veut. S'il s'agit d'introduire un courant moteur, le contact avec l'aimant se fait au moyen d'une petite rigole annulaire creusée dans un bouchon de liège et passée comme une bague autour du barreau ; ainsi le frottement n'entrave pas la rotation. Si l'on veut au contraire recueillir un courant induit, l'appareil étant mis en mouvement par un moteur quelconque, on applique avec pression le fil conducteur directement contre l'aimant,

ou bien contre un petit anneau en cuivre passé à frottement dur sur l'aimant; cette seconde manière est préférable, car elle favorise moins les courants thermo-électriques que la première où il y a frottement de cuivre sur acier. Pour obtenir des courants induits on faisait tourner l'aimant par un petit moteur électrique agissant sur la poulie *w*.

Ceci étant établi, nous allons examiner ce qui découle de la loi de *Biot-Savart*, d'une part pour la rotation que provoque un courant lancé dans l'appareil, et d'autre part pour le courant induit qu'engendre un mouvement de rotation imprimé mécaniquement à l'aimant.

Appelons μ[1] l'intensité d'un pôle magnétique, ds la longueur d'un conducteur linéaire situé à une distance ρ du pôle et parcouru par un courant d'intensité i, appelons ϑ l'angle formé par les directions de l'élément ds et de ρ, la loi de *Biot-Savart* dit que la force est égale à : $i\mu \sin\vartheta ds / \rho^2$. La force est dirigée suivant une normale au plan déterminé par les directions de ds et de ρ; elle agit avec l'intensité indiquée aussi bien sur le pôle μ que sur l'élément de courant ds, mais elle a en μ le sens opposé à celui qu'elle a en ds. Le sens de la force agissant sur μ se trouve par la règle d'*Ampère*, celui de la force agissant sur ds par la règle de *Fleming*.

Deux cas peuvent se présenter. Si le pôle magnétique et l'élément conducteur appartiennent à deux corps différents, dont l'un soit fixe et l'autre mobile,

[1] En désignant par μ une quantité de magnétisme, comme le font Ampère et Gauss, nous ne croyons pas prêter à une équivoque, bien que cette lettre soit souvent employée pour la perméabilité magnétique.

ainsi que cela a lieu dans les machines dynamos, dans les moteurs électriques, dans les appareils de mesure pour les courants électriques, et enfin dans quelques appareils de rotation électro-magnétique, il est évident que les phénomènes de mouvement provoqués par un courant pourront être expliqués par la loi de *Biot-Savart*, et que les phénomènes d'induction provoqués par un mouvement pourront l'être par la loi de *Lenz*. Ici le doute ne serait guère admissible.

Le second cas est celui-ci. Supposons le pôle magnétique et l'élément conducteur solidaires l'un de l'autre, c'est-à-dire reliés par des attaches rigides, on pourra se demander si la loi de *Biot-Savart* reste applicable, c'est-à-dire si les forces intérieures entre les parties d'un solide rigide et invariable peuvent produire un phénomène de rotation, et réciproquement si une rotation imprimée au système peut donner naissance à un courant d'induction.

Examinons ce second cas. Nous avons affaire ici à un couple dont le moment est : $i\mu \sin\vartheta ds \, \rho$ et qui s'applique au système duquel ds et μ font partie. En ne tenant compte uniquement que de ce couple nous nous heurterions à un non-sens. On conclurait que ce couple serait capable de vaincre à chaque instant une résistance ou de produire de la vitesse, et par conséquent d'effectuer un travail sans qu'il y ait diminution d'énergie potentielle ou consommation quelconque d'une énergie correspondante. Or les choses changent immédiatement de face si nous prenons en considération que l'élément conducteur n'est pas seulement une particule matérielle qui est le siège d'une force, mais bien un canal élémentaire dans lequel il faut sans cesse intro-

duire du courant, et que l'on ne peut mouvoir dans le champ magnétique qu'en dépensant de l'énergie. La contradiction avec la loi de la conservation de l'énergie disparaît aussitôt que nous faisons entrer l'induction dans nos calculs.

En promenant le conducteur *ds* dans le champ magnétique il devient le siège d'une force électromotrice, et ce mouvement qu'on lui fait subir ne peut s'obtenir qu'en lui fournissant sans cesse l'énergie nécessaire pour vaincre cette force contre-électromotrice induite. Le théorème de la conservation de l'énergie exige donc que l'énergie électromotrice vaincue et l'énergie mécanique dépensée dans ce but soient équivalentes.

Représentons par de la force électromotrice induite dans l'élément ds, par f l'intensité du champ magnétique, par ϑ l'angle de la direction de l'élément avec celle du champ, par dt l'élément de temps et par dx le chemin infiniment petit dans le sens de la force parcouru par l'élément ds dans le temps dt, la condition ci-dessus de l'égalité des énergies s'exprime par la relation :

$$i\, de\, dt = f\, i \sin \vartheta\, ds\, dx$$

ou bien :

$$\frac{de}{ds} = f \sin \vartheta \frac{dx}{dt} = f \sin \vartheta\, v$$

dans laquelle nous nommons v la vitesse avec laquelle on fait mouvoir ds perpendiculairement au plan déterminé par ds et la direction du champ magnétique. La force électromotrice induite par unité de longueur de l'élément, savoir $de\ ds$, agit à l'encontre du courant i, ou, ce qui revient à dire la même chose, tend à

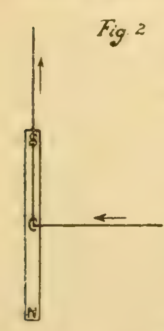
produire un courant de sens opposé à celui qui engendre le mouvement.

La loi de l'induction de *Lenz* devient ainsi une conséquence nécessaire et immédiate de celle de *Biot-Savart* dès qu'on y introduit le principe de la conservation de l'énergie, et que l'on admet que l'énergie nécessaire pour la production du travail mécanique doit être fournie par le courant. La loi de *Biot-Savart* se trouve donc également applicable au cas où le pôle et l'élément de circuit sont rigidement liés l'un à l'autre, et cela sans désaccord. Nous allons maintenant voir quelle interprétation on peut donner de la rotation de notre aimant sous l'action d'un courant et de la force électromotrice induite par l'action d'une rotation.

Afin de faciliter les calculs nous substituons à l'aimant réel un aimant idéal, ayant deux pôles égaux et de signes contraires écartés l'un de l'autre par la distance $2l$. Le pôle nord d'intensité $+\mu$ est supposé en bas, et le pôle sud $-\mu$ en haut. Nous imaginons donc la totalité du magnétisme nord libre concentrée dans une section horizontale infiniment mince, située à la hauteur du pôle nord, et de même la totalité du magnétisme sud libre concentrée dans une section horizontale infiniment mince et située à la hauteur du pôle sud. Si l'on peut objecter que cette supposition ne répond pas à la réalité, il n'en reste pas moins évident que les conséquences que l'on en tirera pourront être considérées comme une première approximation au point de vue de leur valeur numérique. Pour la solution du problème principal que nous nous sommes posé, et qui est de rechercher si et comment une rotation de notre aimant peut avoir lieu par l'effet de forces internes, il

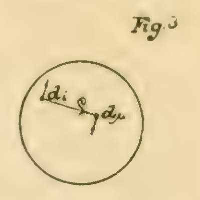
est parfaitement légitime d'admettre que les résultats du calcul effectué en supposant l'aimant idéal resteront valables pour un aimant réel. En effet nous pouvons imaginer l'aimant réel comme faisceau d'aimants idéaux dirigés dans le même sens, coïncidant en leurs points neutres, ayant des longueurs variant entre zéro et celle de l'aimant véritable et des intensités polaires proportionnelles aux intensités respectives que le magnétisme libre possède en chaque point de l'aimant réel.

Supposons que l'on introduise un courant d'intensité *i* au moyen d'un fil horizontal appliqué contre le barreau aimanté en son milieu C, et qu'on le fasse ressortir du pôle sud situé en haut par un fil vertical, ainsi que l'indique la figure 2. Il faut seulement se rendre compte que le courant ne suit pas exclusivement l'axe de l'aimant, mais qu'il remplit entièrement chaque section horizontale. La portion horizontale du circuit extérieur agissant sur les pôles sud et nord fournit un couple, dont l'axe de rotation est horizontal; en décomposant ce couple on verra facilement que la composante qui agirait autour de l'axe de rotation de l'appareil, et qui seule pourrait entrer en jeu, a pour valeur zéro. Donc, pour expliquer la rotation de l'aimant autour de son axe vertical, la portion horizontale du circuit extérieur reste entièrement hors de cause. La rotation ne peut plus s'expliquer que par les forces internes agissant entre la portion verticale du courant et le magnétisme libre du pôle.



La fig. 3 représente une coupe horizontale à travers l'aimant dans la région du pôle sud. Nous décomposons

le courant i en un faisceau de courants linéaires ou filets infiniment minces et parallèles à l'axe du barreau; l'intensité de chacun de ces courants sera di. Nous décomposons de même le magnétisme libre μ du pôle sud, supposé réparti uniformément sur toute la surface de la section, en éléments magnétiques d'intensité $d\mu$. Appelons ρ la plus courte distance entre un des filets di et un des éléments $d\mu$. On voit que la plus grande valeur que peut affecter ρ est égale au diamètre du cercle qui est aussi le diamètre du barreau. Dans les conditions de notre expérience, où la longueur du barreau est grande comparativement à son diamètre, et où le courant conserve encore longtemps après avoir quitté le barreau sa direction verticale, la valeur de ρ sera toujours petite par rapport à la longueur de chacun des filets de courant qui s'étendent de part et d'autre du pôle sud. Nous obtiendrons donc une valeur très suffisamment exacte en calculant comme si le courant s'étendait à l'infini des deux côtés du pôle sud. La force avec laquelle un filet de courant di agit sur un élément magnétique $d\mu$ a pour valeur $2\,di\,d\mu : \rho$, et elle est dirigée suivant le sens de la flèche appliquée à $d\mu$; la force avec laquelle $d\mu$ agit sur di a la même valeur numérique, mais elle est dirigée en sens inverse, suivant la flèche appliquée à di. Ces deux forces égales parallèles et opposées, forment un couple $2\,di\,d\mu$, qui est l'expression de l'action réciproque entre di et $d\mu$. L'action d'un filet unique de courant sur la totalité du magnétisme sud distribué sur la section circulaire sera $2\,di\,\mu$, et enfin l'action totale de tous les filets sur



tous les éléments magnétiques ou bien l'action du courant total i sur le pôle sud sera :

$$D = -2 i \mu.$$

Nous mettons le signe négatif, le couple agissant dans le sens négatif, c'est-à-dire contrairement au sens de l'aiguille d'une montre, car le courant va de bas en haut et le pôle nord est situé en bas selon notre supposition. L'action entre le courant et le pôle nord peut être négligée étant donné la petitesse du diamètre du barreau par rapport à sa longueur.

Si maintenant le courant i produit le couple de moment D, il doit nécessairement, d'après ce que nous avons dit plus haut sur le principe de la conservation de l'énergie, se produire en vertu de l'induction une force contre-électromotrice e, telle que son travail électrique soit pour chaque durée de temps, et en particulier pour l'unité de temps, égale au travail mécanique du couple. En appelant donc ω la vitesse angulaire on a :

$$D \omega = -e i,$$

ou bien :

$$\frac{D}{i} = -\frac{e}{\omega}.$$

Désignons D / i, c'est-à-dire le moment du couple que produirait l'*unité* de courant, par D_1, et e / ω, c'est-à-dire la force électromotrice que produirait l'*unité* de vitesse angulaire, par e_1, nous aurons d'une manière tout à fait générale pour chaque système solide et mobile contenant du magnétisme libre et traversé par un courant la relation fort simple :

$$D_1 = -e_1.$$

Le signe négatif indique que pour un sens de rotation déterminé le courant moteur et la force électromotrice induite sont de signes contraires. Dans le cas qui nous occupe on a :

$$D_1 = -e_1 = -2\mu.$$

Il s'agissait maintenant de vérifier ce résultat théorique par l'expérience. Pour cela il était nécessaire de déterminer avant tout la quantité μ. Nous l'avons déduite de la valeur du moment magnétique du barreau en admettant, comme cela se fait ordinairement, que la distance d'un pôle à l'autre est égale à $^5/_6$ de la longueur totale du barreau cylindrique. Dans notre appareil la distance entre les pôles était donc 12,5 cm.

Le moment magnétique de l'aimant employé ici, ainsi que d'autres qui servirent plus tard, fut mesuré par la déviation produite sur une petite aiguille à miroir suspendue à un fil de cocon, l'aimant à mesurer étant placé dans la première position principale de *Gauss*, à une distance connue de l'aiguille. On admit comme valeur de la composante horizontale du magnétisme terrestre celle qui fut déterminée pour notre laboratoire peu de temps auparavant par M. *H. Veillon*. La valeur obtenue par ce procédé pour l'intensité du pôle de notre aimant de 15 cm. de longueur a été :

$$\mu = 148\ C^{3/2}\, G^{1/2}\, S^{-1}.$$

Des mesures réitérées durant le cours des expériences ne révélèrent qu'une diminution si insignifiante dans la valeur du moment magnétique du barreau que nous pûmes la négliger. En calculant maintenant le

moment du couple de rotation pour l'unité de courant et la force électromotrice induite pour la vitesse angulaire égale à l'unité, on trouve :

$$- D_1 = e_1 = 296\ C^{3/2}\ G^{1/2}\ S^{-1}.$$

Cette valeur théorique devait maintenant se vérifier par l'expérience. Il fallait pour cela que le même appareil servit pour le couple de rotation et pour la force électromotrice induite.

Un courant lancé dans l'appareil produisit une rotation énergique du barreau aimanté dans le sens prévu par la théorie [1]. Le frottement dans les supports et au contact glissant n'étant pas très petit et devant être surmonté, il fallut utiliser un courant de 10 à 20 ampères. Il eût été fort difficile de déterminer pendant que l'aimant tournait le moment du couple de rotation. Nous avons pour cette raison utilisé un procédé statique. Au barreau aimanté s'adaptait une petite traverse *cc* (fig. 1) permettant d'accrocher le système mobile à une suspension bifilaire formée par deux fils de cocon *f*. La pointe fixée en bas du barreau trempait dans un godet de mercure ; un miroir collé sur le barreau, une lunette et une échelle servaient à mesurer les angles de déviation obtenus par des courants d'intensités déterminées. Ces dernières se mesuraient au moyen d'un ampèremètre de précision de *Siemens* et *Halske*.

[1] Cette rotation d'un aimant autour de son axe fût démontrée pour la première fois par *Ampère*, tandis que *Faraday* la jugeait impossible dans l'origine. Collect. de mém., tome II, page 163 et 201 ; tome III, page 258 et 275 ; ensuite Faraday, Exp. Res. vol. II, page 131.

Pour une suspension bifilaire le moment du couple est donné par l'expression :

$$D = \frac{P\,a\,b \sin \varphi}{h},$$

dans laquelle P signifie le poids de l'équipage mobile, a et b la moitié de l'écartement supérieur et inférieur des fils, h la longueur des fils et φ l'angle de torsion.

Tout d'abord on s'assura que le moment du couple de torsion était bien proportionnel à l'intensité du courant comme l'exige la théorie ; ensuite on procéda à la détermination numérique du couple.

Les mesures donnèrent pour $2a$ 3,725 cm., pour $2b$ 3,70 cm., pour h 128,3 cm., pour la masse de l'équipage mobile la balance donna 190,755 G, pour l'angle la lecture à la lunette donna 568 mm. de l'échelle située à 2 mètres de distance. On en tira pour sin φ la valeur 552/4000. Pour l'accélération de la pesanteur nous prenons la valeur 980,8 C/S^2 qui a été établie pour notre laboratoire et cela nous donne pour le poids P 190,755. 980,8. L'intensité du courant était de 21,5 ampères, ou 2,15 $C^{1/2}G^{1/2}S^{-1}$. Au moyen de ces données on obtient pour le moment du couple correspondant à l'*unité* du courant :

$$-D_1 = 322\, C^{3/2} G^{1/2} S^{-1}.$$

Nous pouvons considérer l'accord entre le moment observé 322 et le moment calculé 296 comme satisfaisant, car il faut se rappeler que le calcul a été fait en supposant un aimant idéal. Dans un aimant réel, la totalité du magnétisme libre ne se trouve pas concentrée à des distances du milieu du barreau égales à $\frac{5}{6}$

de la demi-distance des pôles, mais elle est répartie autrement et se trouve distribuée à des distances du milieu pour la plupart inférieures. Ainsi μ doit avoir une valeur en tout cas supérieure à celle que nous avons calculée.

Maintenant nous allons passer au calcul de la force électromotrice induite que l'on obtient en imprimant un mouvement de rotation à notre appareil. Le jeu d'un petit moteur électrique assurait un mouvement de rotation très uniforme, et la force électromotrice induite se mesurait au moyen d'un galvanomètre très sensible, système *Deprez-d'Arsonval* construit par *Edelmann*. Le tarage de cet instrument se faisait à nouveau pour chaque série d'expériences. Les courants thermoélectriques peuvent occasionner des erreurs, mais on s'en libère en faisant tourner l'aimant une fois dans un sens et une fois dans le sens contraire, et en prenant la moyenne des lectures faites à l'échelle. Ceci est clair, car le sens du courant thermoélectrique reste toujours le même, tandis que le courant induit rebrousse chemin à chaque inversion du sens de rotation.

Ici, comme plus haut, on s'assura préalablement que la force électromotrice induite était bien proportionnelle à la vitesse angulaire, ainsi que le veut la théorie. On contrôla également le sens du courant induit ou de la force électromotrice qui concorda avec celui qu'indique la théorie.

La valeur numérique obtenue pour la force électromotrice fut 14510 $C^{3/2} G^{1/2} S^{-2}$, l'aimant faisant 177 révolutions en 24,32 secondes, ce qui correspond à une vitesse angulaire ω de 45,36 S^{-1}. Il en résulte pour la

force électromotrice induite, rapportée à l'*unité* de la vitesse angulaire :

$$e_1 = 320 \text{ C}^{3/2} \text{G}^{1/2} \text{S}^{-1},$$

ce qui s'accorde d'une manière satisfaisante avec le D_1 observé et avec le e_1 calculé.

M. *Ebert*[1] décrit une expérience disposée de la même manière, où un fil frotte contre un aimant en son milieu, traverse un galvanomètre et revient s'appliquer contre l'aimant en dehors des pôles. L'auteur dit que même avec un galvanomètre très sensible, et en imprimant à l'aimant une vitesse considérable, il ne put obtenir aucun courant appréciable. Il doit y avoir ici un malentendu, car en augmentant la vitesse dans notre appareil nous arrivions facilement à des déviations atteignant 500 divisions de l'échelle.

Dans le calcul du moment du couple de rotation nous avons supposé que le fil conducteur horizontal s'appliquait au milieu du barreau magnétique. Si maintenant nous faisons remonter le point de contact peu à peu vers le pôle sud, la force électromotrice devra diminuer progressivement, même en supposant que le barreau soit un aimant idéal dans lequel le magnétisme libre serait entièrement concentré dans deux sections horizontales à l'endroit des pôles. Cela tient à ce que la supposition que nous avons faite, que ρ soit négligeable par rapport à la longueur des filets de courant de part et d'autre du pôle sud, s'écarte d'autant plus de la vérité que nous rapprochons le point de contact du pôle. Mais la diminution en question a encore une

[1] H. Ebert. Magnetische Kraftfelder. 1897. Versuch 91, p. 250.

autre raison plus péremptoire. Dans l'aimant réel une notable portion du magnétisme libre est située plus près de la zone neutre que le pôle fictif. On doit donc s'attendre, en glissant le contact latéral contre le pôle sud, à voir diminuer la force électromotrice induite d'abord lentement et ensuite de plus en plus fort à mesure qu'on s'approche du pôle. Une diminution pareille aura lieu en glissant le contact du côté du pôle nord. Les nombres suivants, tirés d'un graphique obtenu en glissant progressivement le contact à partir de la zone neutre jusqu'au delà du pôle et en notant pour différents points de contact les déviations au galvanomètre, donnent une idée de la diminution :

Distance du point de contact de la zone neutre :

0	1	2	3	4	5	6	7

Force électromotrice induite observée
pour l'*unité* de vitesse angulaire :

322	317	307	284	254	215	163	90

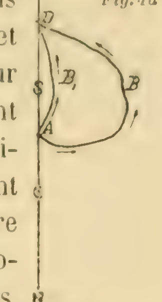
De pareilles observations sont très appropriées à l'étude de la distribution du magnétisme libre dans un barreau, ainsi que *Wilh. Weber*[1] l'a déjà fait remarquer dans son mémoire sur l'induction unipolaire.

On peut aussi partir de la notion des lignes de forces pour se rendre compte de l'origine de la force électromotrice dans le cas de l'aimant idéal et de l'aimant réel. C'est ce que nous voulons faire voir.

Soient S et N de la fig. 4*a* les pôles d'un aimant idéal linéaire sans épaisseur, dans lequel tout le magnétisme

[1] Wilh. Weber. Unipolare Induktion. *Pogg. Ann.*, Bd. 52, p. 382 (1841).

nord $+\mu$ soit concentré dans le point N et tout le magnétisme sud $-\mu$ dans le point S. Toutes les lignes de force partent de N, s'épanouissent dans le champ sans se couper nulle part, et viennent retomber dans le point S. Leur nombre est égal à $4\pi\mu$. Soit maintenant ABD un circuit conducteur de forme arbitraire, rigidement fixé à l'aimant, et reliant un point A quelconque de l'axe situé entre les deux pôles à un point D situé sur le prolongement de l'axe en dehors des pôles. Faisons tourner l'aimant avec le circuit autour de l'axe SCN. Si l'on effectuait exactement un tour à la seconde les $4\pi\mu$ lignes de force se trouveraient coupées une fois, ou bien un nombre impair de fois par le circuit ABD, et la force électromotrice induite aurait pour valeur $4\pi\mu$. Mais en une seconde le système balaye l'angle ω, en sorte que nous avons pour la force électromotrice, qui est égale au nombre des lignes de force coupées à la seconde, la relation :



$$\frac{e}{4\pi\mu} = \frac{\omega}{2\pi}$$

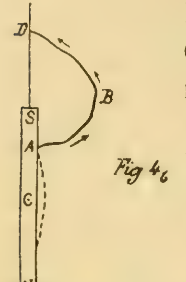
ou bien :

$$\frac{e}{\omega} = e_1 = 2\mu.$$

Les choses restent les mêmes pour l'aimant idéal, même lorsque le circuit ne s'écarte que très peu de l'axe, comme par exemple AB_1D. On pourra même substituer au circuit unique un faisceau entier de circuits, le résultat sera toujours le même tant que tous ces circuits partiront de A pour se réunir de nouveau en D. Enfin le point A peut être pris à volonté sur

l'aimant, à condition que le pôle sépare toujours les points D et A. Ce résultat est identique à celui obtenu plus haut par l'autre manière.

Remplaçons maintenant l'aimant idéal par un aimant réel. Les lignes de force ne partent plus d'*un seul* point. Quelques-unes, comme par exemple celle indiquée par le pointillé dans la fig. 4 *b*, restent quelque temps encore dans le corps de l'aimant, voisines de l'axe, pour n'en sortir que plus tard. On constate cela déjà dans les fantômes magnétiques obtenus par *Faraday*[1] en 1851. Le circuit ABD rigidement lié à l'aimant ne pourra plus en tournant couper toutes les lignes de force ; il évitera celles qui ne voient le jour qu'entre A et le milieu C de l'aimant. Cela se passe ainsi même dans le cas où le circuit se rapproche si fort de l'axe de l'aimant qu'il finit par tomber complètement dans son corps, comme cela a lieu pour les filets infiniment minces de notre appareil. On conçoit donc que e_1 diminue d'autant plus que A s'écarte davantage du milieu C, et les nombres obtenus par l'expérience corroborent ce raisonnement.



Ces expériences furent répétées avec un barreau aimanté n'ayant que la moitié de la longueur du précédent. Pour pouvoir s'adapter au même support il portait au deux bouts des allonges en laiton.

Les mesures donnèrent pour μ la valeur 91,8 obtenue à l'époque où eurent lieu les expériences sur l'induction et 76,5 à l'époque où eurent lieu les expériences sur le couple de rotation.

[1] Faraday. Exp. Research. Vol. III, p. 399.

En calculant le moment du couple correspondant à l'*unité* de courant on obtient 153, l'expérience avec la suspension bifilaire fournit 162.

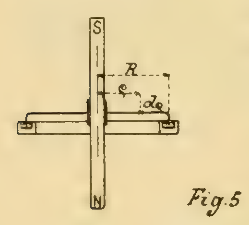
Les expériences sur l'induction ont donné pour e_1 la valeur 180, en prenant pour le magnétisme du pôle le nombre 91,8. Si nous réduisons cette valeur de e_1 à celle qui correspondrait au magnétisme polaire 76,5 on trouve 150.

Récapitulons les résultats du calcul et de l'expérience pour le grand ou le petit aimant placés centralement et mobiles autour de l'axe magnétique, la portion horizontale du circuit étant appliquée au milieu :

	μ	2μ	D_1	e_1
Aimant de 15 cm	148	296	322	320
» 7,5 »	76,5	153	162	150

Les nombres obtenus pour D_1 et e_1 devraient être absolument identiques, indépendamment de toute manière d'envisager le phénomène, dès que l'on admet la loi de *Lenz* qui établit la réciprocité entre l'action pondéromotrice et l'action électromotrice. Les écarts proviennent évidemment de ce que l'appareil était de confection assez primitive, et de ce que quelques sources d'erreur, préjudiciables à l'exactitude des mesures, n'auraient pu être évitées ou éliminées qu'avec un appareil de précision. Le fait que les valeurs obtenues par l'expérience pour D_1 et e_1 ne sont que peu supérieures à celles de 2μ nous permet de dire que notre opinion sur les phénomènes en question se trouve justifiée, et cela d'autant plus qu'il y a toujours la différence signalée entre l'aimant idéal et l'aimanl réel.

Nous arrivons maintenant à d'autres expériences avec l'aimant mobile autour de son axe magnétique. Mais cette fois le conducteur horizontal, au lieu de s'appliquer à frottement directement sur l'aimant, allait à une rigole annulaire remplie de mercure et entourant l'aimant mobile comme le représente en coupe et en élévation la fig. 5. Une bague en cuivre, passée à frottement dur sur l'aimant, portait deux bras en fil de



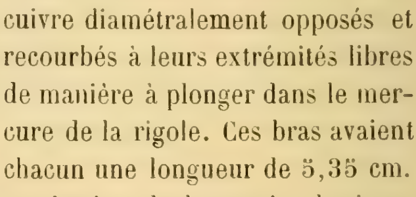
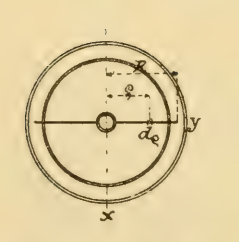

cuivre diamétralement opposés et recourbés à leurs extrémités libres de manière à plonger dans le mercure de la rigole. Ces bras avaient chacun une longueur de 5,35 cm.

Fig. 5

L'action de la portion horizontale extérieure du conducteur est évidemment nulle, comme dans les premières expériences, car elle ne donne lieu qu'à un couple agissant sur un axe horizontal. La même chose a lieu pour la portion du courant qui se trouve dans la rigole; il est donc indifférent en quel point on lui adapte le conducteur horizontal extérieur. On peut le fixer en x ou bien en y, cela ne change rien aux phénomènes, comme du reste l'expérience l'a confirmé. Il en est autrement de la portion du conducteur formée par les deux bras solidaires de l'aimant. Ici l'action réciproque engendre un couple agissant autour d'un axe vertical comme nous allons le faire voir par le calcul.



Désignons par R la longueur de chacun des deux bras, par $d\rho$ la longueur d'un élément du bras situé à

la distance ρ de l'axe. Les deux pôles de l'aimant produisent à l'endroit où se trouve $d\rho$ un champ de la valeur $2l\mu : (\rho^2 + l^2)^{3/2}$, dirigé verticalement dans le sens ascendant. D'après la règle de *Fleming* l'élément $d\rho$ sera donc poussé en arrière ou bien l'aimant en avant ; on aura par conséquent un couple de la valeur $2il\mu\rho d\rho : (\rho^2 + l^2)^{3/2}$, travaillant autour de l'axe vertical, et en intégrant par rapport à ρ de 0 à R nous obtiendrons :

$$D = 2i\mu \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{l}\right)^2}}\right)$$

et de là :

$$D_1 = 2\mu \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{l}\right)^2}}\right).$$

L'action réciproque entre l'aimant et le bras conducteur attenant fournit donc un couple agissant en sens inverse du couple engendré par l'action réciproque entre l'aimant et la portion du courant qui le traverse lui-même. Le moment du couple, maintenant qu'on a la rigole, ne sera autre que la différence des deux actions, ce qui donnera :

$$D_1 = - e_1 - 2\mu \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{l}\right)^2}}.$$

On voit par cette formule qu'en opérant soit avec le plus grand de nos aimants soit avec le plus petit les

moments observables, en introduisant le courant par la rigole au lieu de l'introduire par contact direct comme dans les premières expériences, doivent être trouvés inférieurs dans le rapport de $1 / \sqrt{1 + \left(\frac{R}{l}\right)^2}$. Il en est de même pour la force électromotrice induite, et les expériences se sont trouvées en parfait accord avec ces déductions ainsi que les nombres suivants en font preuve :

Aimant	μ	$2\mu \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{l}\right)^2}}$	D_1	e_1
15 cm	148	225	229	240
7,5 cm	76.5	77	85	76

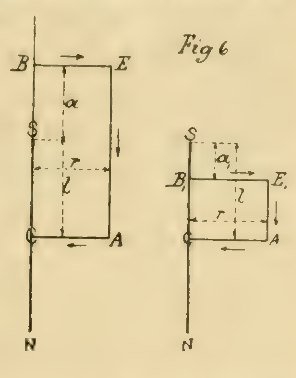
Ici encore les écarts entre les valeurs obtenues pour D_1 et e_1 par l'expérience et celles prévues par la théorie ne sont pas plus grands que ceux entre ces valeurs elles-mêmes. Nous sommes donc en droit de mettre ces écarts, qui ne sont pas très considérables, sur le compte des sources d'erreur dues à l'imperfection de notre appareil.

En faisant croître R jusqu'à l'infini dans notre formule ci-dessus le moment D_1 s'évanouit. Il doit en être d'ailleurs ainsi, car dans ce cas le courant se referme à l'infini, et, en appliquant un théorème que nous démontrerons plus loin, on verra qu'un courant fermé, rigidement lié à l'aimant, est sans action.

Examinons en effet le cas d'un conducteur rigide-

ment lié à l'aimant, non plus composé seulement d'une portion horizontale, mais formé de parties tant horizontales que verticales, voire même de forme parfaitement arbitraire.

Soit, fig. 6, NS un aimant linéaire idéal, N le pôle nord, S le pôle sud et C le milieu. Prenons sur l'axe un point B en dehors de S à la distance a de ce pôle, et supposons un circuit rigidement lié à l'aimant et traversé par l'unité de courant suivant le chemin BEAC. Ce courant aura deux parties horizontales, BE et AC, dont nous désignons la longueur commune par r, et une partie verticale EA dont la longueur est $l+a$. En calculant par la loi de *Biot-Savart* le moment D_1 on trouve :



Action entre l'aimant et AC : $2\mu\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{r}{l}\right)^2}}\right).$

Action entre l'aimant et EA :

$$\mu\left(-\frac{2}{\sqrt{1+\left(\frac{r}{l}\right)^2}} + \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{r}{a}\right)^2}} + \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{r}{2l+a}\right)^2}}\right);$$

Action entre l'aimant et BE :

$$\mu\left(\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{r}{2l+a}\right)^2}} - \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{r}{a}\right)^2}}\right),$$

d'où l'on tire en faisant la somme :

Action entre l'aimant et BEAC : 2μ.

Nous vîmes précédemment que lorsque le courant marche à l'intérieur de l'aimant de C jusqu'à B il en résulte pour D_1 la valeur — 2μ. On en conclut donc qu'un courant allant de B jusqu'à C en traversant l'aimant produit le même effet qu'un courant de même intensité passant par le circuit BEAC lié rigidement à l'aimant.

Considérons maintenant un point B_1 de l'axe situé à une distance a_1 de S inférieure à la demi-distance des pôles, et menons le circuit horizontalement de B_1 en E_1, verticalement de E_1 en A et enfin de nouveau horizontalement de A en C. Cela nous donnera :

Action entre l'aimant et AC : $2\mu\left(1 - \dfrac{1}{\sqrt{1+\left(\dfrac{r}{l}\right)^2}}\right)$;

Action entre l'aimant et E_1A :

$$\mu\left(\frac{2}{\sqrt{1+\left(\dfrac{r}{l}\right)^2}} - \frac{1}{\sqrt{1+\left(\dfrac{r}{a_1}\right)^2}} - \frac{1}{\sqrt{1+\left(\dfrac{r}{2l-a_1}\right)^2}}\right);$$

Action entre l'aimant et B_1E_1 :

$$\mu\left(\frac{1}{\sqrt{1+\left(\dfrac{r}{a_1}\right)}} + \frac{1}{\sqrt{1+\left(\dfrac{r}{2l-a_1}\right)^2}} - 2\right);$$

d'où l'on tire en faisant la somme :

Action entre l'aimant et B_1E_1AC : zéro.

Ce résultat et le précédent justifient la proposition suivante :

En faisant suivre à l'unité de courant, à partir d'un point quelconque G de l'axe situé entre les pôles, un circuit rigidement lié à l'aimant et composé de portions horizontales et verticales et aboutissant en un second point B de l'axe, le moment du couple aura pour valeur 2μ ou zéro, suivant que le point B se trouvera en dehors ou en dedans des pôles. Le théorème conservera sa validité même si l'on brise le circuit, autant de fois qu'on le voudra, en portions horizontales et verticales. Enfin, une courbe quelconque pouvant toujours être décomposée en éléments linéaires rectilignes horizontaux et verticaux, notre proposition pourra s'énoncer de la sorte :

Un aimant et un circuit arbitraire, traversé par l'unité de courant reliant deux points quelconques de l'axe et rigidement fixé à l'aimant, donneront naissance par leur action réciproque à un couple de valeur 2μ si l'un des points d'attache est situé entre les pôles et l'autre en dehors, et de valeur zéro si les deux points d'attache sont situés soit en dedans soit en dehors des pôles.

On voit en outre que, si les deux points d'attache en question sont H et K, le couple, qui résulte de l'action réciproque entre l'aimant mobile et le circuit auquel il est rigidement relié, ne dépend uniquement que de la position des points H et K sur l'axe, et en aucune manière ni de la forme, ni de la longueur du circuit.

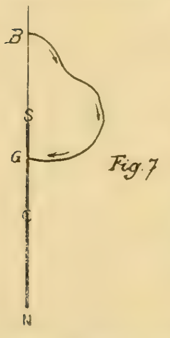
Cela se voit par la fig. 6. Menons de E_1 en E un circuit tout à fait arbitraire. L'action réciproque entre le pôle S et $B_1 E_1 EB$ est égale à 2μ, et par conséquent l'action entre le pôle et la portion E_1E sera égale à 2μ.

diminué de l'action entre le pôle et B_1E_1 et EB. Or cette différence est indépendante de la forme et de la longueur du circuit.

L'action réciproque entre un aimant mobile autour de son axe et un circuit *fermé* quelconque qui lui est rigidement attaché est nulle, car un courant fermé peut toujours être envisagé comme un courant allant et venant entre deux points par des chemins divers.

Ces propositions générales s'obtiennent encore sans calcul aucun par la méthode des lignes de force.

Soit en effet, fig. 7, un aimant linéaire idéal. Le flux de force, ou le nombre des lignes de force émanant du pôle nord et se réunissant au pôle sud est égal à $4\pi\mu$. Supposons un circuit quelconque reliant un point extérieur B de l'axe avec un point intérieur G, et rigidement fixé à l'aimant. Imaginons une révolution complète du système autour de l'axe, chaque ligne de force sera coupée *une* fois ou un nombre impair de fois. Le nombre des lignes de force coupées dans l'unité de temps est au nombre total $4\pi\mu$ des lignes de force comme ω est à 2π, et il s'ensuit :



$$D_1 = - e_1 = - 2\mu.$$

Si par contre B se trouve également entre S et N, le conducteur ne coupera à chaque révolution qu'un nombre de lignes de force déterminé par la forme du circuit, mais chaque ligne coupée le sera deux fois ou

un nombre pair de fois. Dans ce cas e_1 et D_1 seront tous deux nuls.

Dans la fig. 8 le circuit arbitrairement tracé, supposé relié rigidement avec l'aimant mobile, joint deux points quelconques H et K. Les courbes pointillées représentent les lignes de force passant respectivement par H et K. La courbe arbitraire HK coupera dans une révolution du système toutes les lignes de force comprises entre les courbes pointillées *une* fois ou un nombre impair de fois, tandis qu'elle évitera toutes les autres lignes de force ou bien les coupera un nombre pair de fois. Le nombre total des lignes de force de la première catégorie, qui sont les seules qui entrent en ligne de compte, est proportionnel au nombre de celles qui se trouvent dans un plan méridien, par exemple dans le plan du dessin, entre les deux courbes pointillées. Ce nombre ne dépendant que de la position de H et de celle de K, les valeurs de D_1 et de e_1 ne dépendront également que de la position de chacun de ces points. Un raisonnement analogue amènera à la même conclusion si H et K ne sont plus dans le même plan méridien.

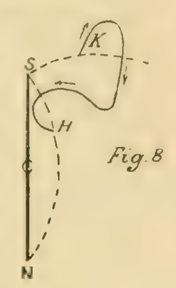
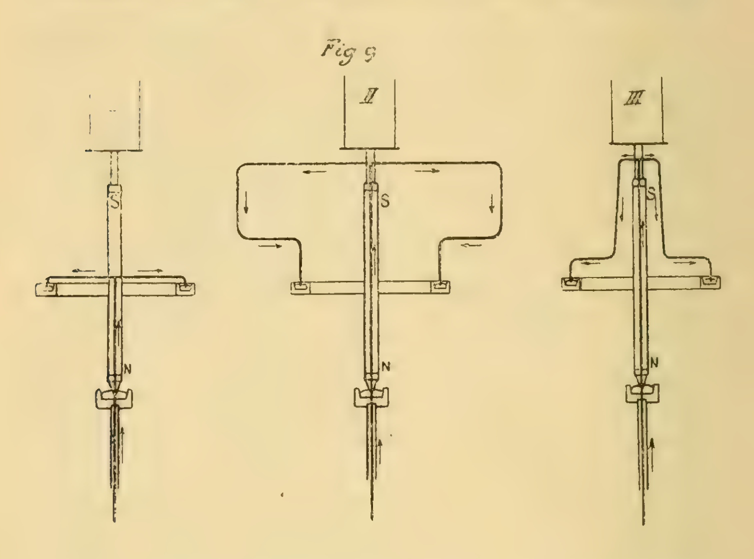


Fig. 8

Ce théorème n'est pas seulement applicable à un aimant idéal, mais aussi à tout aimant réel, ainsi qu'il est aisé de s'en rendre compte. Les expériences suivantes en ont du reste fourni la preuve matérielle.

Dans la fig. 9 on voit le même barreau aimanté accroché trois fois à la même suspension bifilaire, mais muni de trois conducteurs différents. Dans les trois cas le courant entre en suivant la direction de l'axe par le

godet inférieur pour se rendre finalement dans la rigole circulaire, d'où il retourne à sa source. Dans les trois



cas on constate une très forte torsion de la suspension bifilaire, toujours dans le même sens, et les moments des couples donnent les rapports :

I		*II*		*III*
100	:	99,2	:	100,3

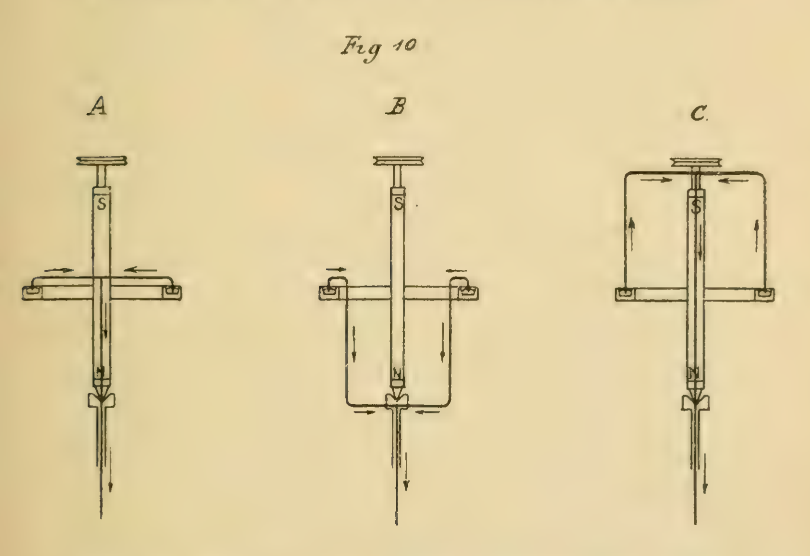
Cette identité de l'action s'observa aussi en mesurant la force électromotrice induite avec les combinaisons A, B et C de la fig. 10, dans lesquelles les fils menant au galvanomètre s'attachaient toujours au même point de l'axe en dehors du pôle et à la rigole annulaire. Les trois expériences différaient par les circuits représentés dans la fig. 10.

Les forces électromotrices mesurées et rapportées à

la même vitesse angulaire se trouvèrent être dans le rapport :

A		*B*		*C*
100	:	100,9	:	99,8

Signalons enfin, pour être complet, que dans les expériences sur le couple de rotation par le courant,



ainsi que dans celles sur la force électromotrice induite par la rotation, il n'y avait jamais trace d'action si les deux fils aboutissaient en deux points de l'axe situés en dehors de l'aimant.

II. *Expériences avec un ou deux aimants excentriques.*

Nous passons maintenant aux expériences avec deux aimants parallèles, aussi égaux que possible comme force, dirigés dans le même sens et reliés rigidement.

C'est le dispositif dont s'est servi M. *Lecher*. La fig. 11 le montre en coupe et en élévation.

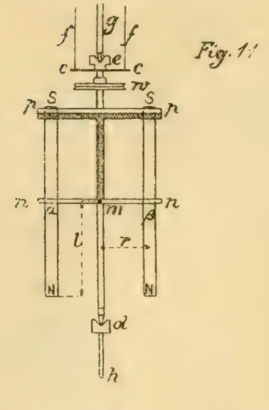
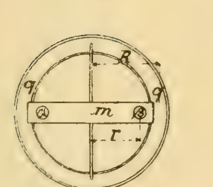


Fig. 11



Les deux aimants sont pincés dans deux traverses en laiton, *pp* et *nn*, qui sont elles-mêmes fixées à angle droit sur l'axe de l'appareil. Cet axe est maintenu vertical et très facilement mobile par les pointes et les godets coniques en *d* et en *e*. Une goutte de mercure dans le fond de chaque godet assure le contact. Une poulie *w* sert à faire tourner l'appareil en lui communiquant une vitesse angulaire ω. La petite traverse *cc* sert à fixer, quand on le veut, la suspension bifilaire, tandis qu'un petit miroir collé sur l'axe permet de mesurer très exactement l'angle de déviation. Les hachures dans la figure indiquent les pièces confectionnées en matières isolantes. Les aimants n'étant que pincés dans les traverses on peut, en les abaissant ou les élevant légèrement, supprimer ou établir à volonté le contact métallique entre eux et la traverse supérieure *pp*. Chaque aimant peut aussi être remplacé par un barreau de laiton de même poids qui se fixe de la même manière et qui peut donc faire ou ne pas faire contact avec la traverse supérieure *pp*. En *m* la traverse *nn* porte deux fils rigides, perpendiculaires à la traverse et à l'axe de rotation, et recourbés à leurs extrémités libres de façon à plonger dans le mercure de la rigole circulaire *q*. On peut à volonté faire plon-

ger les deux fils à la fois ou bien n'en faire plonger qu'un seul dans le mercure. Les fils extérieurs s'adaptaient, l'un à l'axe en dehors des pôles vers g ou bien vers h, l'autre à la rigole en tel point que l'on voulait. Nous faisons remarquer que, soit que le fil soit fixé en g ou en h, il est maintenu jusqu'à une grande distance de l'appareil dans le prolongement de l'axe de rotation, et que le fil allant à la rigole est toujours tendu horizontalement aussi jusqu'à une grande distance de l'appareil.

Cet appareil permet, comme celui avec un aimant unique mobile autour de son axe, trois espèces d'expériences :

1° L'appareil maintenu entre les pointes sera mu par un courant qu'on y introduira.

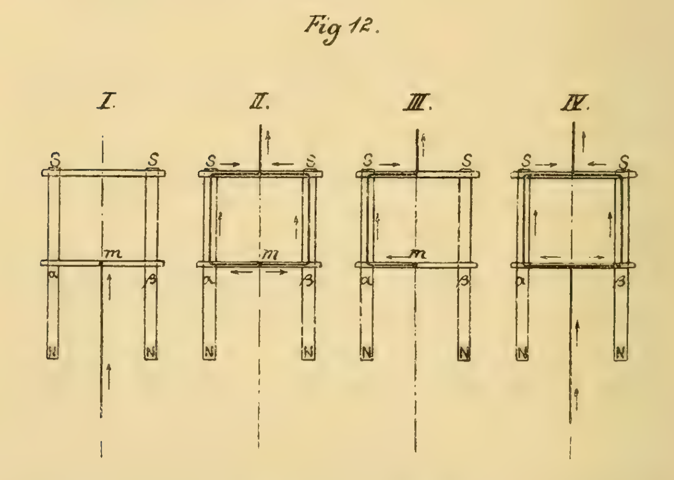
2° L'appareil maintenu entre les pointes fournira un courant induit quand on lui communiquera un mouvement de rotation par l'intermédiaire de la poulie. On mesurera la vitesse de rotation et la force électromotrice induite.

3° L'appareil suspendu par le bifilaire au moyen de la petite traverse sera dévié de sa position d'équilibre par l'introduction d'un courant. On mesurera l'intensité du courant et l'angle de déviation.

Les théorèmes que nous avons établis par voie théorique pour un aimant unique mobile autour de son axe magnétique, à savoir que le moment du couple d'une part et la force électromotrice induite d'autre part ne dépendent uniquement que de la position du point d'entrée et du point de sortie du circuit et aucunement de sa configuration, conserveront leur entière validité pour des aimants placés excentriquement et

parallèles à l'axe de rotation. Pour s'en convaincre il suffit de se rappeler que l'axe d'un couple peut être déplacé parallèlement à lui-même sans altération de la valeur du moment.

Examinons premièrement le cas où les deux aimants, désignés par α et β, sont placés dans l'appareil. La fig. 12 fait voir schématiquement quatre manières différentes d'établir le circuit ; les traits pleins indi-



quent la marche du courant. Les fils extérieurs sont reliés à l'appareil : dans I en bas et à la rigole, dans II et III à la rigole et en haut, dans IV en bas et en haut.

Supposons que l'on fasse entrer le courant unité dans l'appareil suivant les flèches. Dans ce cas la théorie prévoit pour I, II et III des couples de moments égaux, avec cette seule différence que le sens de rotation est positif pour I et négatif pour II et III. La théorie prévoit en outre pour IV un couple de mo-

ment zéro, l'action dans la partie inférieure du système étant contrebalancée par celle dans la partie supérieure. Les expériences suivantes ont absolument confirmé ces prévisions.

D'abord il est facile en introduisant un courant de 10 à 20 ampères de constater une rotation rapide dans I, II, III et un repos absolu dans IV. Cette absence complète de l'action dans la combinaison IV a été également observée par M. *Lecher* [1], mais le point sur lequel M. *Lecher* et moi nous différons totalement d'opinion c'est la raison de cette absence de rotation. M. *Lecher* veut démontrer qu'elle provient de ce que la moitié inférieure du courant n'agit pas, tandis que d'après ma manière d'envisager la question, les actions de la moitié inférieure et de la moitié supérieure du courant sont identiques mais de signes contraires.

Ensuite nous fîmes les expériences sur la force électromotrice induite. Le passage de I à II avait lieu en laissant un des fils fixé à la rigole tandis que l'autre s'attachait à l'axe tantôt en haut tantôt en bas. Les moyennes de trois lectures faites au galvanomètre, tant dans la première position que dans la seconde, fournirent des valeurs pour la force électromotrice qui étaient dans le rapport de 100 à 100,7. L'écart s'explique entièrement par les erreurs d'observation. Le passage de I à II pouvait aussi s'opérer instantanément au moyen d'un commutateur et sans arrêter l'appareil : le galvanomètre qui indiquait plus de 400 divisions de l'échelle ne variait à chaque passage que d'une quan-

[1] Wiedemann's, *Annalen*, Bd. 54, pag. 283, fig. 4 und Bd 69. pag. 781. fig. 1.

tité si insignifiante que celle-ci put être de plein droit attribuée à des différences de résistance et à des courants parasites provenant de l'échauffement dans les tourillons.

L'induction obtenue comparativement dans les combinaisons II et III donna aussi un rapport fort voisin de l'unité : 100 à 101,5.

La combinaison IV ne fournit naturellement aucune force électromotrice.

Enfin nous passâmes aux expériences sur le moment du couple obtenu par l'introduction d'un courant et mesuré par le procédé de la suspension bifilaire. Les résultats furent trouvés en accord parfait.

La moyenne de huit observations faites avec la combinaison I et la moyenne de quatre observations avec II se trouvèrent être dans le rapport de 100 à 101,6. Dans une autre série d'expériences quatre observations faites sur I et quatre sur II donnèrent des moyennes qui étaient dans le rapport de 100 à 99,6.

Ajoutons encore que dans toutes les combinaisons. comparées deux à deux, le fil latéral était attaché au même point de la rigole.

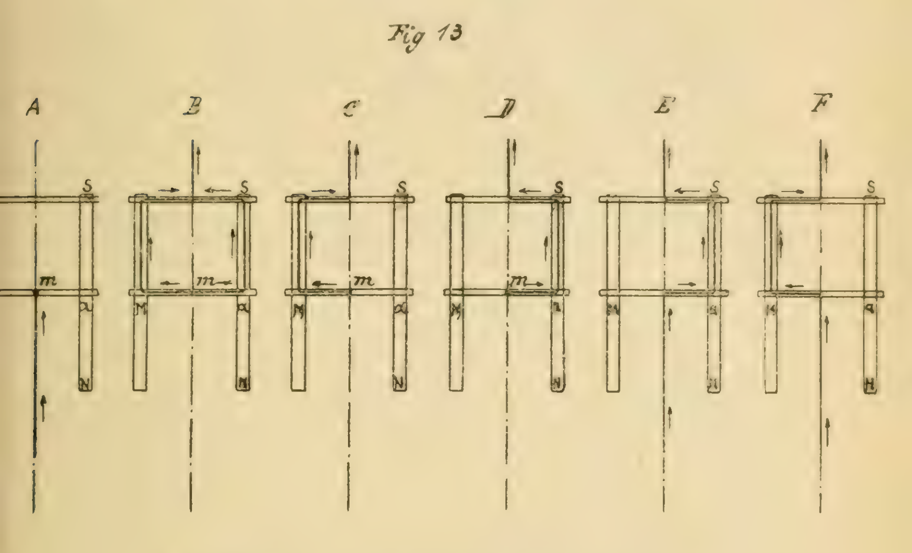
Pour l'expérience IV le courant ne produisit pas trace de déviation, même en le poussant jusqu'à 21 ampères.

Passons maintenant à une nouvelle série d'expériences dans lesquelles on ne se servit que d'un seul aimant excentrique α, le second étant remplacé par le barreau de laiton M. La fig, 13 indique six manières différentes d'établir le circuit.

D'après la théorie développée plus haut les combinaisons B, C et D devront donner le même résultat

que A, mais avec signe contraire, tandis que pour E et F les actions dans la partie inférieure et dans la partie supérieur s'annulleront réciproquement.

Fig 13



Les expériences subséquentes le confirmèrent.

Un courant introduit en A, B, C et D produisit la rotation. En A cette dernière fut positive, en B, C, et D elle fut négative. On observa en outre, très nettement que maintenant que nous n'avions plus qu'un seul aimant le couple de rotation avait une valeur qui ne devait être que la moitié de celle dans le cas de deux aimants, car pour obtenir une vitesse à peu près pareille à celle obtenue auparavant avec les deux aimants il fallut opérer avec un courant de 20 à 40 ampéres, au lieu de 10 à 20 ampères. Les expériences E et F ne donnent aucune rotation.

Les essais sur la force électromotrice induite don-

nèrent pour A, B, C et D des valeurs qui sont dans le rapport de :

A		B		C		D
100	:	99,7	:	101,8	:	102,9

et ceux sur le couple avec la suspension bifilaire des valeurs qui sont dans le rapport :

A		B		C		D
100	:	102,3	:	102,4	:	96,4

Ces nombres permettent de conclure à l'égalité des actions, car les écarts peuvent être de plein droit attribués aux différentes causes d'erreur que comportait la construction de notre appareil. Nous faisons encore remarquer que les écarts pour les observations de l'induction et ceux pour les observations du couple ne marchent pas du tout de front. Il va de soi enfin que, tant pour l'induction que pour le couple, le sens de l'action répondait toujours à celui prévu par la théorie.

Pour E et F l'induction par la rotation ainsi que la rotation par le courant étaient absolument nuls.

Il nous reste encore à montrer comment les moments des couples évalués par la théorie s'accordaient avec les valeurs obtenues par la suspension bifilaire. Il nous faut pour cela déterminer par la loi de *Biot-Savart* la valeur de D_1 résultant des forces intérieures, et examiner ensuite si le courant circulant dans les portions non mobiles du circuit, y compris celui dans la rigole, peuvent exercer une action et, cas échéant, quelle en est la valeur.

Nommons R, fig. 11, le rayon de la rigole ou la longueur du bras de cuivre fixé à l'équipage mobile, r la demi-distance entre les aimants, l la demi-distance

des pôles l'un de l'autre, μ_α et μ_β la force des pôles des aimants α et β.

La tige conductrice verticale dans l'axe de l'équipage mobile se prolonge en dehors de celui-ci sous forme de fil fixe vertical que nous pouvons considérer comme infiniment long. Le couple résultant de l'action réciproque entre l'aimant α et la portion du circuit venant de l'infini par la tige centrale pour aboutir en m s'obtient en reculant E dans la fig. 6 jusqu'à l'infini, c'est-à-dire en faisant $a = \infty$. On a ainsi :

$$D_1 = \frac{2\mu_a}{\sqrt{1 + \left(\frac{r}{l}\right)^2}}.$$

L'action entre l'aimant α et le bras R horizontal solidaire de l'équipage mobile est par la loi de *Biot-Savart* :

$$D_1 = -2\mu_a \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{r}{l}\right)^2}} - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{r^2 + R^2}{l^2}}}\right)$$

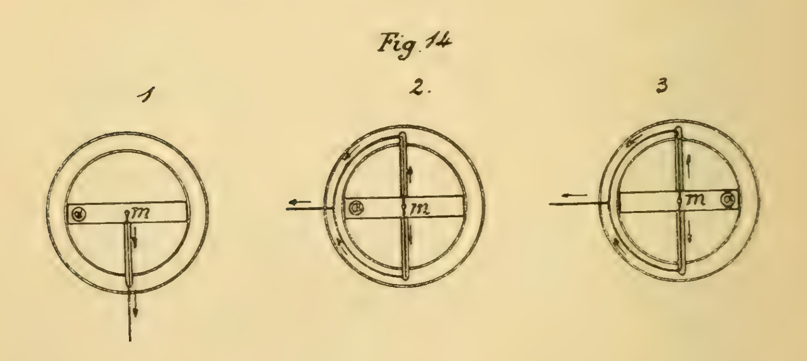
et nous obtenons les deux actions réunies :

$$D_1 = \frac{2\mu_a}{\sqrt{1 + \frac{r^2 + R^2}{l^2}}}.$$

Si enfin nous plaçons dans l'appareil les deux aimants au lieu d'un seul, il est aisé de voir que l'effet de la portion verticale du courant depuis l'infini jusqu'en m et de la portion dans le bras R sera :

$$D_1 = \frac{2(\mu_a + \mu_\beta)}{\sqrt{1 + \frac{r^2 + R^2}{l^2}}}.$$

Mais il nous reste encore l'action réciproque entre les aimants d'une part et la portion horizontale fixe du circuit et la rigole d'autre part, car cette action n'est plus zéro maintenant que nous avons des aimants excentriques. Appelons le moment du couple produit par cette action réciproque ramené à l'unité de courant $\mathfrak{D}_1$. Ce moment dépendra des positions des aimants relativement au fil horizontal fixe et à la rigole. Représentons la chose par une coupe horizontale dans le plan de la rigole, et cela tout d'abord pour le cas où il n'y aurait que l'aimant α seul. La fig. 14 montre trois manières de relier le conducteur fixe horizontal à



la rigole. Dans ces trois positions, le calcul facile à faire donnera les valeurs suivantes du moment :

Position 1 :

Action du fil horizontal : zéro.
Action de la rigole qui est sans courant : zéro.
Somme :

$$\mathfrak{D}_1 = 0.$$

Position 2 :

Action du fil horizontal :

$$\frac{2r\mu a}{l}\left(1-\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{l}{\mathrm{R}-r}\right)^2}}\right).$$

Action de la rigole :

$$2\mu a\left(\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{\mathrm{R}-r}{l}\right)^2}}-\frac{1}{\sqrt{1+\frac{\mathrm{R}^2+r^2}{l^2}}}\right).$$

Somme :

$$\mathfrak{D}_1 = 2\mu a\left(\frac{r}{l}-\frac{r}{l\sqrt{1+\left(\frac{l}{\mathrm{R}-r}\right)^2}}+\right.$$

$$\left.+\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{\mathrm{R}-r}{l}\right)^2}}-\frac{1}{\sqrt{1+\frac{\mathrm{R}^2+r^2}{l^2}}}\right).$$

Position 3 :

Action du fil horizontal :

$$-\frac{2r\mu a}{l}\left(1-\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{l}{\mathrm{R}+r}\right)^2}}\right);$$

Action de la rigole :

$$-2\mu a\left(-\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{\mathrm{R}+r}{l}\right)^2}}+\frac{1}{\sqrt{1+\frac{\mathrm{R}^2+r^2}{l^2}}}\right).$$

Somme :

$$\mathfrak{D}_1 = -2\mu_a\left(\frac{r}{l} - \frac{r}{l\sqrt{1+\left(\frac{l}{R+r}\right)^2}} - \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{R+r}{l}\right)^2}} + \frac{1}{\sqrt{1+\frac{R^2+r^2}{l^2}}}\right).$$

Passons au cas de deux aimants α et β. Les deux positions qui seront seules à considérer se voient dans la fig. 15.

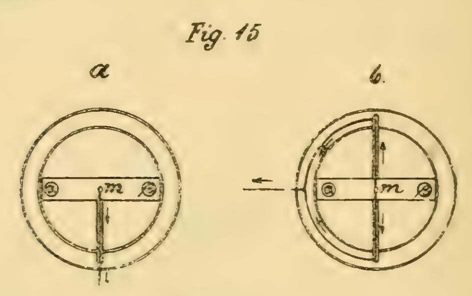


Fig. 15

Position a :

$$\mathfrak{D}_1 = 0.$$

Position b :

$$\mathfrak{D}_1 = 2(\mu_\alpha - \mu_\beta)\frac{r}{l} + 2\mu_\alpha\left(\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{R-r}{l}\right)^2}} - \frac{r}{l\sqrt{1+\left(\frac{l}{R-r}\right)^2}}\right) + 2\mu_\beta\left(\frac{r}{l\sqrt{1+\left(\frac{l}{R-l}\right)^2}} + \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{R+r}{l}\right)^2}}\right) - \frac{2(\mu_\alpha+\mu_\beta)}{\sqrt{1+\frac{R^2+r^2}{l^2}}}.$$

Et lorsque l'on a $\mu_a = \mu_\beta = \mu$, on obtient :

$$\mathfrak{D}_1 = 2\mu \left(\frac{r}{l\sqrt{1+\left(\frac{l}{R+l}\right)^2}} - \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{R+r}{l}\right)^2}} - \right.$$

$$- \frac{r}{l\sqrt{1-\left(\frac{l}{R-r}\right)^2}} - \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{R-r}{l}\right)^2}} -$$

$$\left. - \frac{2}{\sqrt{1+\frac{R^2+r^2}{l^2}}} \right).$$

Si l'on fait $r = o$, on trouve :

$$\mathfrak{D}_1 = 0,$$

ce qui confirme le résultat obtenu au début, que pour un aimant unique, mobile autour de son axe magnétique, l'action des portions extérieures fixes du circuit est nulle.

Ces formules furent contrôlées par les expériences suivantes :

Dans la position a, l'action du circuit extérieur est nulle. Le couple ne provient que des forces internes. Le procédé bifilaire donne :

$$D_1 = 551$$

tandis que la formule théorique :

$$D_1 = \frac{2(\mu_a + \mu_\beta)}{\sqrt{1 - \frac{r^2+R^2}{l^2}}};$$

donna en y faisant :

$$\mu_a = 194, \ \mu_\beta = 179, \ r = 3, \ R = 5{,}45 \text{ et } l = 6{,}25$$

la valeur :

$$D_1 = 529;$$

Ici encore, comme on pouvait s'y attendre, le mo-

ment calculé pour l'aimant idéal était un peu plus petit que celui observé pour l'aimant réel.

En déplaçant de 90° le point d'attache du fil conducteur à la rigole, on obtient le dispositif *b*. Cela revient à ajouter, comme le fait voir le calcul, au moment du couple trouvé ci-dessus pour les forces internes, l'action du circuit extérieur et de la rigole. On put constater cela très nettement, car le moment que l'on mesura eut pour valeur 716. Nous pourrons en conclure que la différence de ces deux moments, donc 165 correspond à l'action réunie $\mathfrak{D}_1$ du circuit extérieur et de la rigole. En introduisant dans notre formule les valeurs ci-dessus trouvées par l'expérience, nous obtenons :

$$\mathfrak{D}_1 = 130.$$

L'écart s'explique par les mêmes considérations que ceux que l'on a constaté précédemment.

Dans une autre expérience le courant fut introduit dans la rigole par le côté, c'est-à-dire en regard du plus faible des deux aimants μ_β. Le courant fut trouvé un peu inférieur, selon ce qu'exige la théorie,

Comparons enfin les phénomènes auxquels donne lieu le premier appareil à *un seul* aimant central, avec ceux que l'on observe dans l'appareil à *deux* aimants placés excentriquement. Il est évident que dans le premier cas la rotation ne s'explique que par les forces internes de l'équipage mobile. Tandis que dans le second cas les forces extérieures, dues aux parties fixes du circuit, viennent s'ajouter aux premières. L'action de ces forces extérieures n'est pas constante mais dépend de la position momentanée de l'équipage mobile ; elle varie à chaque quart de tour entre zéro et la

valeur maxima que l'observation et le calcul nous ont fait trouver.

Résumons-nous :

1. *Tous les phénomènes que l'on peut observer avec notre appareil de rotation, soit qu'on y adapte un seul aimant central, soit qu'on y adapte un ou deux aimants excentriques, s'accordent complètement avec la réversibilité entre la rotation par le courant et l'induction par la rotation.*

2. *Les moments des couples calculés par la loi de* Biot-Savart *et les forces électromotrices induites, qui en résultent à leur tour par l'application du principe de la conservation de l'énergie, sont en concordance parfaitement satisfaisante avec les quantités analogues obtenues par voie d'observation. Il est donc tout à fait légitime d'admettre que la force électro-magnétique formulée par la loi de* Biot-Savart *suffit complètement à l'explication de ces phénomènes de rotation et d'induction.*

3. *Les écarts entre les valeurs numériques observées et calculées s'expliquent, en tant qu'ils n'ont pas pour origine des erreurs d'observation dues à des influences étrangères, par la différence entre l'aimant réel et l'aimant idéal. L'étude spéciale de ces écarts entre la théorie et l'observation avec un seul aimant mobile autour de son axe, peut servir à l'examen du champ magnétique extérieur et de la distribution intérieure du magnétisme libre d'un aimant réel.*

4. *L'expérience fondamentale signalée par M.* Lecher *devient pour nous une preuve de la généralité de la loi de* Biot-Savart *et ne mérite aucunement la qualification de paralogisme théorique et expérimental.*

(*A suivre.*)

CONSIDÉRATIONS

SUR LES

LOIS DE LA PHYSIQUE

Adresse à la Section de mathématiques
et de physique de la British association, 1899

PAR

le président **J.-H. POYNTING**

traduit de l'anglais

PAR

L. de LA RIVE

Si d'une part l'étude de la nature ne cesse pas d'accroître nos connaissances et si chaque nouvelle découverte est une acquisition destinée à ne jamais disparaître, de l'autre les limites de notre champ d'expérimentation et la nature même de notre savoir sont le thème de discussions sans fin.

Et, dans cette discussion, il se produit de telles divergences entre les manières de voir des diverses écoles de la pensée qu'il peut sembler bien hasardeux d'espérer un accord général ou même de constater un progrès

Toutefois j'estime que dans certaines directions un progrès s'est réalisé et que les physiciens du moins ten-

dent à s'accorder entre eux sur la nature des lois dans lesquelles ils incarnent leurs découvertes et sur celle des explications qu'ils en donnent et des hypothèses auxquelles ils ont recours pour trouver ces explications.

Je me propose de prendre pour sujet de cette étude les termes de cet accord et de chercher à les énoncer sous la forme qui me paraît leur convenir.

Le champ d'étude du physicien consiste dans les mouvements visibles et d'autres changements de la matière tombant sous les sens. Les expériences auxquelles il a recours sont les perceptions des sens, et son but est de décrire de la manière la plus brève comment les sens ont été, seront ou seraient affectés.

Sa méthode consiste à découvrir toutes les analogies, à classer ensemble tous les événements similaires et à donner ainsi une description la plus concise possible des mouvements et des changements observés. Sa réussite à trouver des similitudes et ses efforts vers la concision descriptive le conduisent à imaginer une constitution des choses telle que les analogies subsistent même lorsqu'elles éludent l'observation ; il parvient ainsi à simplifier sa classification en admettant que la constitution qu'il imagine est une réalité ; sa prédiction de l'avenir repose sur la supposition que les analogies de l'avenir seront celles du passé.

Son procédé de connaissance de la nature est donc descriptif.

S'il n'existait pas de similitudes entre certains événements, leur énumération consisterait en un simple guide-mémoire portant chaque événement individuel avec son adresse. Mais ces similarités observées per-

mettent de grouper ensemble un grand nombre d'événements, de donner des descriptions générales et, en somme, de rédiger, au lieu d'un simple livre d'adresses, un ouvrage de science avec des lois comme têtes de chapitres.

Ces lois sont dans tous les cas, je le crois, de brèves descriptions des similarités observées. Cherchons-en deux ou trois exemples.

La loi de la gravitation établit que nous pouvons assigner à chaque portion de matière une constante, sa masse, telle qu'il se produit une accélération vers elle pour toute autre matière proportionnelle à cette masse et en raison inverse de la distance qui les sépare. Or, tous les corps se ressemblent en ceci qu'ils possèdent cette accélération des uns vers les autres.

La loi de Hooke relative à un fil élastique tendu établit que chaque petit poids additionnel donne lieu au même allongement ou que la manière de se conduire du fil reste la même pour toutes les petites tractions égales.

La loi de Joule, relative à la chaleur développée dans un fil conducteur par un courant, établit que la quantité de chaleur est proportionnelle au carré de l'intensité multiplié par la résistance, ou établit que tous les cas différents se ressemblent en ceci que l'expression $H \div C^2Rt$ est une constante.

Et, en général, lorsqu'une loi est représentée par une équation, cette équation est l'assertion que deux catégories de mesures représentées par les deux membres de l'équation ont été faites, et que tous les cas différents ont ceci de commun que les deux catégories de mesures sont reliées entre elles par l'équation. La

prédiction précise a pour base la supposition admise que si les mesures relatives à l'un des membres de l'équation ont été faites, nous pouvons dire quel est le résultat des mesures relatives à l'autre membre.

Si c'est là le véritable caractère des lois physiques, nous devons avouer qu'elles ont beaucoup déchu en dignité. Il n'y a pas longtemps encore, on les désignait comme les lois immuables de la nature et on les considérait comme suffisantes par elles-mêmes pour gouverner l'univers. Et maintenant il faut leur assigner l'humble rang de simples descriptions souvent insuffisantes, souvent erronées, de ressemblances que nous croyons avoir observées.

L'ancienne conception attribuant aux lois le pouvoir de gouverner la nature était sans doute la survivance d'une conception beaucoup plus ancienne du domaine des sciences physiques qui a fait son temps.

Je m'imagine que dans l'origine l'homme se prenait lui-même et prenait le résultat de son action sur les mouvements et changements produits par elle dans la matière comme le type unique qui devait servir à décrire tous les mouvements et changements. Sachant que son intention et sa volonté étaient suivies de mouvements et changements dans la nature autour de lui, il imaginait une intention et une volonté derrière tous ceux qu'il observait quelle que fût leur origine ; et il croyait aussi que cette attribution était nécessaire pour donner une forme valable à ses observations. En adoptant ce point de vue anthropologique, ou, dirons-nous, psychique, les lois qu'il formulait n'étaient pas de simples descriptions de similarités de manière d'être, mais elles étaient aussi l'expression d'une intention fixe et de la

constance d'action qui en résultait. C'étaient des ordres donnés à la matière qui devait obéir.

La méthode psychique, la prise en considération de l'intention et de la volonté est encore à sa place quand nous nous occupons des êtres vivants. Bien plus, c'est la seule méthode que nous songions à employer quand nous observons les mouvements des créatures, nos semblables. Personne n'essaiera de décrire les mouvements et les actions de soi-même et des autres hommes et de les classer sans avoir recours à la similarité d'intention quand les intentions sont similaires. Mais avec le progrès de la science on reconnut qu'il était tout à fait futile de s'attacher aux notions d'intention et de volonté tant qu'il s'agissait de mouvements et changements de la matière non vivante. On pouvait supprimer toute intention et volonté et néanmoins les mouvements et changements observés étaient convenablement décrits, les mouvements et changements futurs prédits. Limitant le champ de la science physique à cette catégorie de faits, il devint par degrés évident que la méthode était adéquate à l'objet et le psychique céda au physique. Les lois cessèrent d'être des commandement analogues à des ordonnances légales et devinrent de simples descriptions. Mais durant le passage d'une position à l'autre, par une confusion de pensée qui peut nous sembler étrange maintenant que nous avons accompli le trajet, bien que sans doute ce fût inévitable, l'intention et la volonté dont les lois avaient été l'expression, fut incarnée dans les lois elles-mêmes ; elles furent personnifiées, on les fit vouloir et agir.

Même aujourd'hui on peut reconnaître ces périodes primitives de la pensée à des expressions qui survivent

dans notre langage, expressions dues à l'attribution de qualités morales à la matière. Ainsi l'on dit quelquefois que les gaz obéissent ou n'obéissent pas à la loi de Boyle comme s'il s'agissait d'une règle de conduite et d'un idéal de gaz parfait qu'ils eussent à imiter. On se servira d'expressions laissant entendre que les gaz réels sont déficients en perfection en ce qu'ils ne se conforment pas à la loi à la lettre. En adoptant cette manière de voir nous arrivons à affirmer que l'hydrogène est le plus voisin de la perfection ; même il y aurait lieu de le considérer comme trop vertueux, comme une sorte de pharisien parmi les gaz, qui va trop loin dans son zèle pour obéir à la loi. L'oxyène et l'azote seraient des gaz suffisamment recommandables pour les besoins journaliers ; mais le bioxyde de carbone et le chlore seraient de pauvres pécheurs qui cèdent à la tentation et se liquéfient dès que les circonstances deviennent trop oppressives.

Nous invoquons de même une qualité morale lorsque nous estimons les corps d'après la manière dont ils se conforment au rôle que nous leur destinons, lorsque nous les désignons par bons ou mauvais radiants, bons ou mauvais isolants, comme si c'était un devoir pour eux de bien rayonner ou de bien isoler, et comme si la nature se trouvait en défaut à l'égard de ce qu'elle devrait être.

Ce sont là sans doute de simples trivialités, mais la réaction de l'expression sur la pensée elle-même est si subtile et pénétrante qu'au risque d'être accusé de pédanterie, je voudrais réclamer la suppression des termes pittoresques de cette espèce. Qu'il nous suffise, dans nos estimations quantitatives, de dire « élevé ou

bas, grand ou petit », et rappelons-nous qu'il n'existe rien de pareil à une désobéissance à la loi. Une loi violée n'est autre chose qu'une fausse description.

En même temps que ce changement dans la conception de la loi physique, il s'en est produit un tout pareil dans la conception de l'explication physique. Il ne faut pas remonter bien loin pour trouver une assertion telle que celle-ci, que nous avons expliqué quelque chose quand nous en avons trouvé la cause ou le pourquoi, assertion qui n'est valable qu'au point de vue psychique. Sans entrer dans une discussion sur la signification de cause, nous pouvons faire remarquer que cette signification ne prend une valeur complète que lorsqu'il s'agit d'intention et de volonté. Au point de vue purement descriptif et physique, l'idée de cause est tout à fait déplacée. Ce qui concerne la description c'est seulement le comment, et nous laissons volontairement de côté le pourquoi. Nous expliquons un événement, non pas lorsque nous savons pourquoi il est arrivé mais lorsque nous montrons en quoi il est semblable à quelque chose d'autre arrivé ailleurs ou auparavant, lorsque, en fait, nous pouvons en faire un cas d'une loi déjà établie. Dans l'explication l'événement lui-même n'importe pas, mais nous améliorons notre manière de l'envisager en l'assimilant à ce que nous connaissions déjà.

Pour prendre des exemples, Newton expliqua la chute d'une pierre quand il montra que son accélération vers la terre était semblable à, et rentrait dans la même loi que l'accélération de la lune vers la terre.

Il expliqua les perturbations de l'air que nous appe-

lons son, lorsque et dans la mesure où il montra que les mouvements et les forces dans l'onde de pression étaient semblables à des mouvements et à des forces déjà observés.

Franklin expliqua l'éclair lorsque et dans la mesure où il montra que les circonstances qui le constituent étaient similaires à ce qui se passe dans les autres décharges électriques.

Ici, je ne crains aucune accusation de pédanterie en me joignant à ceux qui réclament une adaptation plus complète de notre vocabulaire aux vues modernes. Ce serait un gain très réel, un grand secours à la netteté de pensée, s'il nous était possible d'abolir complètement le mot « cause » dans la description physique, de cesser de dire « pourquoi les choses arrivent » à moins que nous ne voulions signaler une intention antérieure, et de nous contenter d'admettre que nos lois expriment seulement « comment elles arrivent ».

L'objet de l'explication est donc de réduire autant que possible le nombre des lois, en montrant que ces lois d'abord séparées entre elles, peuvent être comprises dans une seule ; de réduire le nombre des chapitres du livre de la science en montrant que certains d'entre eux sont des paragraphes de chapitres déjà écrits.

Pour employer une vieille et toujours nouvelle métaphore, le physicien examine la texture des voiles de la nature, apprenant de combien ou plutôt de combien peu de fils différents la trame est ourdie, trouvant comment chaque espèce de fil entre dans le tissu et déduisant du modèle qui a servi au passé celui de l'avenir.

De combien de fils différents la nature se sert-elle ?

Jusqu'ici nous en avons reconnu huit ou neuf, le nombre des diverses formes d'énergie qu'il nous faut encore considérer comme distinctes entre elles, mais nous ne croyons pas à la réalité de cette division. Les relations entre les diverses formes d'énergie et le tôt fixe d'échange lorsqu'une forme est remplacée par une autre nous encouragent à supposer que, si nous pouvions aiguiser nos sens et changer notre point de vue, une réduction plus complète s'opérerait. Nous sommes devant le métier à tisser de la nature ; tandis que nous suivons des yeux un certain fil, il disparaît tout d'un coup et il s'y trouve substitué un fil d'une autre couleur. Est-ce un nouveau fil ou n'est-ce que l'ancien fil retourné et que nous voyons sous une autre face ? Nous ne pouvons guère que chercher à le deviner ; nous ne pouvons pas nous transporter de l'autre côté du tissu et nos moyens d'inspection les plus menus ne peuvent pas nous renseigner sur tout le travail du métier.

Mais, laissant de côté toute métaphore, si nous étions de vrais physiciens et seulement des physiciens, nous nous contenterions de décrire ce que nous observons dans les changements d'énergie. Nous dirions par exemple que telle somme d'énergie cinétique cesse et que telle autre de chaleur apparaît, que telle quantité de lumière arrive sur une surface et que tant d'énergie chimique la remplace. Mais il nous faut nous prendre tels que nous sommes. Si la partie matérielle de notre être est physique, nous sommes nous-mêmes psychiques. Et on énonce un simple fait en disant qu'une description discontinue de ce genre ne nous satisfait pas. La discontinuité nous répugne et nous croyons à une identité sous-jacente. Nous tenons la chaleur pour être ce qui

était un moment auparavant de l'énergie ou un mouvement visible ; nous estimons que la lumière n'a fait que changer de forme en devenant de l'énergie chimique. Puis, à notre répugnance passive pour la discontinuité, se joint notre désir actif de nous former une représentation mentale de ce qui se passe, une représentation analogue à quelque chose que nous connaissions déjà. Or devant ces discontinuités notre méthode ordinaire d'explication est en défaut, puisqu'elles ne rentrent évidemment pas dans une de ces séries d'événements dont nous pouvons marquer chaque échelon. Alors, nous imaginons une constitution de la matière et des modifications à cette constitution correspondant à chaque forme d'énergie, qui font disparaître les discontinuités et nous permettent de nous représenter une forme d'énergie se transformant en une autre et une identité persistante se conservant néanmoins. Nous ne nous contentons pas de décrire ce que nous voyons et percevons, mais ce que nous verrions et percevrions si nos sens étaient à une toute autre échelle de puissance et de sensibilité. Nous ne sommes plus les physiciens du réel, mais de l'idéal.

Nous sommes encouragés dans cette tentative par le degré d'exactitude avec lequel les relations peuvent être établies dans cette conception mécanique, par le degré de précision des équations du mouvement. Nous possédons, en particulier, un exemple de système mécanique dont nous pouvons évaluer les résultats avec une netteté qui dépasse de beaucoup celle des autres systèmes physiques. Comparez la précision avec laquelle est décrite et prédite la trajectoire d'une planète, avec notre ignorance des mouvements de l'atmosphère dus

à la chaleur solaire. La planète se conforme à la table des temps de l'astronome ; le vent souffle encore d'où il veut.

La seule base imaginée jusqu'ici sur laquelle établir cette explication mécanique, si l'on peut employer le terme explication pour exprimer l'assimilation de nos conceptions inventives aux faits observés, est l'hypothèse de la constitution atomique et moléculaire de la matière. Cette hypothèse a pris naissance de si bonne heure dans l'histoire de la science, qu'on serait tenté de croire qu'elle est une nécessité de la pensée et offre ainsi une sorte de garantie supérieure à toute autre hypothèse. Mais je soupçonne, si nous pouvions remonter à ses premiers développements, que nous trouverions qu'elle apparut lorsqu'on chercha à expliquer les phénomènes d'expansion et de contraction, d'évaporation et de dissolution. Si la matière était continue, nous aurions à considérer ces phénomènes comme des faits inexplicables en ce qu'ils seraient sans analogues. Mais imaginez que la matière existe en une foule de particules séparées par des espaces intermédiaires. La contraction et l'expansion ne sont que le rassemblement ou l'écartement de la foule. La dissolution est le mélange de deux foules, l'évaporation, la dispersion sur les bords. Les propriétés les plus apparentes de la matière sont semblables à ce que nous pouvons observer dans tout rassemblement public.

Durant des âges l'hypothèse moléculaire n'alla guère plus loin que cela. Le premier pas en avant fut d'attribuer le mouvement vibratoire aux atomes pour expliquer la chaleur. Puis diverses qualités furent invoquées, des forces mutuelles bien définies mises en jeu pour

expliquer l'élasticité et d'autres proportions ou qualités de la matière. Mais je pense que le premier et grand résultat que cette hypothèse obtint, fut son succès dans l'explication de la loi des propriétés définies de combinaison ; en seconde ligne nous pourrions citer son succès dans l'explication de plusieurs des propriétés des gaz.

Tant que la lumière était considérée comme corpusculaire, en fait moléculaire, et tant que l'action directe à distance ne comportait pas de difficulté, l'hypothèse moléculaire servait de base unique à la représentation mécanique des phénomènes. Mais quand on eut montré que de beaucoup la meilleure interprétation de la lumière était de la supposer constituée par des ondes, il fallut chercher, comme lord Salisbury l'a dit, quelque chose pour former un tissu à la fois dans l'espace interstellaire et l'espace intermoléculaire. C'est ainsi que se développa l'hypothèse d'un éther, un complément nécessaire de cette forme de l'hypothèse moléculaire qui fait consister la matière en particules discrètes séparées par des espaces libres de matière.

Vint alors la découverte de Faraday, de l'influence du milieu diélectrique sur les actions électriques, qui amena l'abandon général de l'idée de l'action à distance, et on s'adressa à l'éther pour aider la matière à donner une explication des phénomènes électriques et magnétiques. La découverte que la vitesse de transmission des ondes électro-magnétiques est la même que celle de la lumière, est tout au moins la preuve indubitable que le même milieu les transmet les unes et les autres.

Je suppose que nous avons tous l'espoir que nous

réussirons un jour à attribuer à ce milieu de nouvelles qualités de nature à le rendre capable d'élargir son rôle et de se charger du travail de la gravitation.

L'hypothèse mécanique n'a pas toujours reçu cette forme dualistique d'atomes et de molécules flottant dans un éther tout à fait distinct. Nous pouvons, je crois, considérer la théorie de Boscovich, des points-centres entourés par des atmosphères de forces s'étendant indéfiniment comme une tentative sérieuse pour nous débarrasser du dualisme, et la théorie de Faraday des points-centres avec des lignes de force rayonnantes n'est qu'une autre forme de la théorie de Boscovich. Mais la théorie de l'atome tourbillon de Lord Kelvin nous apporte une simplification dont la conception est plus facile. Ici tout est rempli d'un fluide continu, dirons-nous d'un éther fluide, et les atomes sont seulement les lieux d'un mouvement d'un type particulier de ce fluide sans frottement. La seule différence entre les atomes sont des différences de position et de mouvement. Là où se trouvent des mouvements giratoires, nous appelons le fluide matière ; là où il n'y en a pas, nous l'appelons éther. Toute énergie est de l'énergie de mouvement. Notre énergie cinétique visible M V est de l'énergie à l'intérieur et à la partie extérieure des tourbillons centraux ; notre énergie de position visible, énergie potentielle, est de l'énergie de mouvement ayant son siège dans les régions extérieures.

De sorte que, examinant le tissu de la nature, nous en donnons la solution par des fils d'éther sur lesquels sont disséminés des grains de matière. Puis nous y regardons de plus près ; les grains de matière s'évanouissent ; ce ne sont plus que des nœuds et des boucles des fils d'éther.

Maintenant la question se pose : comment devons-nous considérer ces hypothèses sur la constitution de la matière et l'éther interjacent, ainsi que les explications qu'elles fournissent ? Faut-il les placer au même rang que les phénomènes observés par nos sens, en faire des vérités à étudier pour elles-mêmes? Ou bien ne sont-ce là que des outils dans la recherche de la vérité, susceptibles de s'user et d'être remplacés ?

Que la matière soit d'une structure grenue, n'est guère que l'expression du fait qu'en couches très minces, elle cesse de se conduire comme en couches plus épaisses. Mais quand nous sortons de cette assertion générale et donnons une forme définie aux granules ou attribuons des qualités définies au cément intermédiaire, nous sommes en pleine hypothèse.

On ne peut guère supposer que nous arrivions jamais à voir l'atome ou à manier l'éther. Nous ne faisons aucune tentative pour les faire tomber sous les sens. Nous relions les manières d'être et les changements observés dans la matière grossière et visible par un mécanisme moléculaire et éthéré. Les changements aux deux extrémités du mécanisme affectent la matière grossière et elle constitue notre seul moyen d'information. Nous ne recevons jamais d'impression sensuelle directement, ni des atomes que nous imaginons, ni de l'éther interposé. Pour un physicien strictement descriptif, leur usage et leur intérêt consisteraient dans le service qu'ils rendent dans la prédiction des changements dans la matière.

Il semble parfaitement possible que des types variés de mécanisme pourraient être élaborés de manière à expliquer les faits observés. Le type choisi reçoit cons-

tamment de petites modifications à mesure que de nouvelles découvertes suggèrent de nouveaux rapports entre les parties qui le composent. Est-il contre toute possibilité que le type lui-même soit modifié ?

Le mécanisme spécial moléculaire et éthéré auquel nous sommes parvenus a pour raison d'être que notre sens de la vue est le plus développé. Si nous étions faits autrement, si nous possédions un sens plus délicat que la vue, qui pût nous fournir la matière d'une représentation mentale bien définie, nous aurions peut-être édifié des hypothèses très différentes. Lors même que, tels que nous sommes faits, nous ne puissions pas concevoir un type plus élevé que celui qui a pour base le sens de la vue, il nous est du moins possible d'en imaginer un inférieur, et, comme exemple, prenons le le sens de l'odorat. Chez nous il est peu développé, mais imaginons un être chez lequel il soit beaucoup plus parfait, disons un chien très intellectuel et fortement enclin aux hypothèses. Supposons qu'il se contruise une hypothèse sur la lumière. Ayant observé que son sens olfactif est excité par les émanations provenant des surfaces, ne sera-t-il pas satisfait par une théorie corpusculaire de la lumière ? Quand il découvre les faits de dispersion, n'assimilera-t-il pas les différentes couleurs à des odeurs différentes auxquelles il n'est pas sensible, mais qu'un chien plus raffiné pourrait percevoir ?

De fait, avec notre intelligence et notre sensibilité supérieures, nous pouvons signaler où son hypothèse tomberait en défaut ; mais à moins d'admettre que nous avons atteint la finalité dans le développement des sens, cet exemple, tout grotesque qu'il soit, sert à

montrer que les termes de nos hypothèses se rapportent plus à nous qu'à la nature, qu'ils sont subjectifs et non objectifs et qu'il faut y voir des instruments, des outils, des appareils pour la recherche de la vérité.

Pour nous servir d'une vieille comparaison, tandis que le travail de construction de la nature procède spontanément du dedans au dehors, le modèle que nous cherchons à agencer dans notre science descriptive ne peut être bâti qu'au moyen d'échafaudages extérieurs, d'échafaudages d'hypothèses. Tandis que dans la construction réelle tout est continu, il existe dans notre modèle des parties détachées qu'il faut relier au reste par des échelles provisoires ou qu'il faut supporter tant que nous n'avons pas trouvé comment remplir le soubassement. Donner à l'hypothèse une valeur égale à celle des faits serait confondre l'échafaudage provisoire avec la construction elle-même.

Cependant, même en envisageant de cette manière le caractère provisoire de nos inventions, moléculaire et éthérée, leur valeur, leur nécessité n'en est pas diminuée.

C'est une simple description véridique de nous-mêmes que de dire que nous sommes forcés de croire à la continuité du processus physique. Nous avons à nous former une représentation mentale de ce processus dont les détails échappent à notre observation, et pour cela construire des hypothèses en nous servant du meilleur matériel dont nous disposions. A l'heure qu'il est, il n'existe qu'une hypothèse fondamentale, l'hypothèse moléculaire et éthérée sous une forme plus ou moins rapprochée de celle qui est généralement acceptée.

Même en admettant que la forme de l'hypothèse soit susceptible d'être modifiée lorsque notre connaissance s'accroit, que nous soyons capables de trouver un nouveau mécanisme, plus encore, qu'il soit possible d'imaginer un nouveau type pour arriver aux mêmes fins, la valeur de l'hypothèse actuelle ne m'en semble pas amoindrie. Reconnaissons sans arrière-pensée à quel point elle nous permet de grouper ensemble une multitude de faits qui, sans elle, demeureraient épars, à quel point elle sert à fournir des explications qui sont satisfaisantes et qui suscitent au chercheur de nouvelles recherches. Reconnaissons que c'est la forme symbolique sous laquelle se trouve moulée une quantité considérable de savoir. Nous pourrions aussi bien faire leur procès aux lettres de l'alphabet sous le prétexte que ce ne sont pas les sons eux-mêmes, mais des symboles arbitraires des sons.

Dans ce pays-ci il n'y a pas lieu de se défendre de se servir de l'hypothèse moléculaire. Mais ailleurs la tendance à confondre l'hypothèse avec la vérité a produit une réaction en sens contraire et il s'est formé un parti pour s'abstenir absolument d'avoir recours à la théorie des molécules, comme protestation contre l'usage immodéré qu'on en a fait. Le temps seul fera voir si ces protestataires sauront se passer de toute hypothèse, s'ils sauront bâtir sans échafaudages ni échelles. Je crains que ce soit là une tentative de construire en ballon.

Mais la protestation aura son utilité si elle nous met en garde contre l'habitude de recourir aux molécules partout et toujours. Il y a, me semble-t-il, un danger à cette disposition qui devient telle que nous finissons par

croire que les faits d'observation n'ont pas une base solide tant que nous n'en donnons pas une explication moléculaire.

Permettez-moi de signaler un exemple de ce genre de danger. Les phénomènes de la capilarité sont explicables pour la plupart par une tension de surface liquide. Mais si le sujet est traité à ce point de vue seulement, il demeure isolé ; c'est une partie de l'édifice de la science qui reste en l'air. L'hypothèse moléculaire vient alors avec une explication de la tension de surface et fournit le soubassement qui relie la capilarité aux autres classes de phénomènes. Mais ici mon avis est qu'il faut s'abstenir et que les phénomènes qui peuvent s'expliquer par une tension de surface doivent l'être sans l'intervention de la théorie moléculaire. Il ne faudrait l'invoquer que lorsque l'explication de la tension est en défaut. Il est nécessaire d'avoir présent à l'esprit ce qui est échafaudage et ce qui est l'édifice lui-même déjà solide et complet.

Ou encore, prenez la seconde loi de la Thermodynamique. Je soupçonne qu'il est quelquefois admis qu'une théorie moléculaire d'où la seconde loi pourrait être déduite lui serait une meilleure base que l'expérimentation directe sur laquelle elle a été fondée par Clausius et Kelvin, ou que le seul fait d'imaginer le démon sertisseur de Maxwell a donné un démenti à l'universalité de la loi, tandis que ce n'est là qu'une hypothèse édifiée sur une autre hypothèse et que rien qui corresponde à son action supposée n'a été observé.

Il y a un danger plus sérieux de confusion entre le fait et l'hypothèse, lorsqu'on a recours à l'éther, un

plus grand risque de ne pas constater ce qui est dû à son emploi. En exposant la nature de la lumière, par exemple, la vraie méthode, me semble-t-il, est de décrire les phénomènes et d'établir les lois, sans mentionner quel est le milieu par lequel les ondulations sont constituées, jusqu'au moment où les phénomènes nous obligent à introduire autre chose que la matière, où nous voyons quelles propriétés nous devons attribuer à l'éther que la matière ne possède pas. Nous réaliserions alors plus nettement que c'est la constitution de la matière telle que nous l'avons imaginée, l'hypothèse des particules discrètes qui nous force à admettre un milieu interjacent pour transmettre la perturbation de particule à particule. Mais l'hypothèse de l'atome tourbillon et celle de l'atome tension du docteur Larmor semblent toutes deux indiquer que nous tendons à la suppression de la distinction entre matière et éther, que nous en viendrons à envisager le milieu luminifère non comme une substance atténuée encombrée çà et là par des blocs détachés qui sont les molécules de matière, mais comme quelque chose qui, en certains points, manifeste une modification que nous appelons matière. Ou plutôt, partant de la matière, nous arriverons à la considérer non plus comme composée de granules séparées, mais comme un continu avec des propriétés groupées autour des centres qui sont pour nous les atomes ou les molécules.

La manière dont il est d'usage de décrire les ondulations électro-magnétiques comme des ondulations de l'éther pourra peut-être me servir à montrer ce qu'est ce genre de danger. Dans tous les cas connus, ces ondes ont pour origine la matière : leur énergie avant

leur départ était, autant qu'il nous est possible de le deviner, de l'énergie matérielle entre les différentes parties de la source, et elles se manifestent dans le récepteur comme énergie matérielle. Pendant leur transmission à travers l'air, je crois très possible qu'on puisse trouver pour l'énergie électrique une expression où entrent les molécules d'air et qu'elles effectuent une séparation atomique sur leur chemin. S'il en est ainsi, l'air a tout autant de part dans leur transmission que l'éther. Dans tous les cas, les appeler des ondulations de l'éther, c'est préjuger la question avant que nous en ayons une évidence suffisante.

A moins que nous ne gardions présent à l'esprit le caractère hypothétique de notre conception mécanique des choses, nous courons un autre risque, celui de croire que nous possédons quelque chose de plus réel dans les mesures mécaniques que dans les autres mesures. Par exemple, il y a risque que la mesure du travail calorifique soit considérée comme plus fondamentale que celle de la chaleur parce que la chaleur est réellement « un mode de mouvement ». D'après l'hypothèse moléculaire, la chaleur est sans doute un mélange d'énergie cinétique et d'énergie potentielle des molécules et de leurs constituants et peut même ne consister qu'en énergie cinétique, et il est possible que dans l'avenir l'hypothèse soit définie avec une telle précision que, lorsque nous chauffons d'un degré un gramme d'eau, nous puissions attribuer une certaine fraction d'erg à chaque atome. Mais voyez combien il y a là d'hypothèse. La supériorité réelle de la mesure du travail réside dans le fait qu'elle est indépendante de

toute substance particulière et qu'il ne comporte rien d'hypothétique[1].

Un autre exemple de l'emploi illégitime de l'éther me paraît être la tentative d'y trouver un étalon fixe pour la mesure des vitesses et accélérations matérielles, comme si nous avions là quelque chose où tracer des axes de coordonnées qui ne pourraient jamais se déplacer ou se courber. C'est un peu comme si, mécontents du déplacement du pôle terrestre, nous cherchions notre équateur et notre zéro de longitude dans l'océan Atlantique. Sans parler de la possibilité de l'existence des courants de l'éther que nous ne pouvons pas constater et du mouvement dû à tout rayon lumineux qui traverse l'espace, nous ne pourrions fixer des positions et des directions dans l'éther qu'en y faisant flotter des bouées de matière. Nous ne savons rien de l'éther que par ses effets sur la matière, et après tout

[1] Comme exemple de ce risque de supposer qu'une espèce de mesure a plus de réalité qu'une autre, on peut citer l'idée communément répandue que l'accélération de la masse est le seul mode de mesure de la force. Nous regardons faire notre système mécanique et nous constatons que l'accélération de la masse y possède une certaine signification. En restant nous-mêmes en dehors du système et en ne nous servant que du sens de la vue, l'accélération de la masse est la seule expression de la manière d'être d'un corps en présence d'autres corps que nous désignons par force agissant sur lui. Mais si nous entrons dans le système et que nous fassions mouvoir des corps en les tirant ou en les poussant, nous trouvons qu'il existe une autre conception de la force correspondant à un autre sens que celui de la vue, un autre mode de mesure, beaucoup plus ancien et plus généralement en usage, la mesure par le poids supporté. Chaque méthode possède un champ qui lui est propre. C'est un des grands problèmes pratiques de la physique d'obtenir du pendule le rapport exact des unités des deux systèmes.

ce seraient les bouées de matière qui fixeraient les positions et non l'éther dans lequel elles flottent.

La discussion de la méthode physique avec ses lois descriptives, ses explications et son extension hypothétique de description nous amène à la considération des limites de son champ d'exploration. Sans doute, ce n'est qu'un coin de l'univers qui a été exploré, mais du moins, dans l'étude de la matière que nous décrivons comme non vivante, il ne s'est rencontré aucun abîme infranchissable et par dessus lequel il n'ait été possible de lancer le pont des hypothèses. Cette méthode est-elle susceptible de s'appliquer à la matière vivante ? Pouvons-nous nous rendre compte de cette matière en assimilant ses changements et ses mouvements à d'autres déjà observés? Pouvons-nous les grouper en lois qui nous permettent de prédire les conditions et positions futures? C'est l'ancienne question à laquelle une réponse qui n'a jamais été donnée est toujours demandée.

Puisque la méthode descriptive nous inspire confiance, employons-la pour décrire notre attitude réelle dans la question. Faisons-nous ou ne faisons-nous pas de tentative d'application de la méthode physique pour décrire et expliquer ces mouvements de la matière que psychiquement nous désignons par volontaires.

L'exemple le plus banal nous dira immédiatement ce que nous pratiquons, quelle que soit la théorie. Un vapeur traverse la Manche. Nous pouvons rendre compte suffisamment bien physiquement du mouvement du vapeur, décrire comment l'énergie emmagasinée dans la houille passe par l'intermédiaire de la chaudière dans le mécanisme et comment elle est en der-

nier lieu absorbée par la mer. Et, le mécanisme une fois mis en mouvement, nous pouvons rendre compte des actions et réactions entre ses diverses parties et l'eau et, pourvu seulement que l'équipage n'intervienne pas, nous prédirons avec une certaine approximation comment le vaisseau se mouvra. Tous ces processus sont semblables et assimilables à des processus déjà étudiés dans nos laboratoires peut-être sur une autre échelle et en se fondant sur la similarité, la prédiction est possible. Mais prenons maintenant le cas d'un voyageur qui a ses raisons de faire le passage. Il est indiscutable que nous ne songeons pas à expliquer physiquement les actions qu'il accomplit pour arriver à son but. Nous ne traçons pas des lignes d'induction entre lui et les amis qui l'ont invité au delà du détroit, nous ne cherchons pas de loi à la force qui le fait mouvoir. En pratique, le plus strict physicien abandonne le point de vue physique pour le psychique. Il admet l'étude de l'intention aussi bien qu'il admettait celle du mouvement.

Il lui faut accepter qu'ici la méthode physique de prédiction échoue. Dans les observations physiques, une série de mesures aboutit à la prédiction d'une autre série de mesures. Les équations exprimant les lois impliquent différentes observations avec une relation définie entre leurs résultats, et si nous connaissons une des séries et la relation, nous pouvons prédire l'autre. Mais lorsque nous considérons les actions au point de vue psychique, nous ne pouvons mesurer que les actions. Nous n'avons pas le moyen direct d'étudier et de mesurer les mouvements qui ont précédé les actions ; nous ne pouvons estimer leur valeur

que par les actions elles-mêmes. Si nous établissions des équations, ce ne seraient que des identités avec les mêmes termes de part et d'autre.

Le physicien persistant et convaincu, trouvant la porte fermée, trouvant qu'il lui reste à peine une sphère restreinte d'influence dans la région psychique, cherche à appliquer sa méthode d'une autre façon par l'assertion que s'il savait tout ce qui concerne les positions moléculaires et les mouvements de la matière vivante, les lois physiques seraient applicables et les changements futurs prédits. Il dirait, je suppose, à propos du passager de la Manche qu'il est absurde de commencer par un mécanisme d'une telle complication. Il exigerait que nous eussions à choisir une forme plus élémentaire de vie où la structure et les mouvements sont plus simples et à lui appliquer la méthode physique,

Eh bien, cherchons l'explication physique d'un mouvement quelconque, de ceux que, par ressemblance avec ce que nous savons de nous-mêmes, nous avons le droit de désigner comme volontaires. Ne devons-nous pas avouer que le premier élément d'une pareille explication est encore à trouver? Il me semble que l'assertion que nos méthodes s'appliquent à, et que l'explication physique prédira tous les mouvements et changements, tant volontaires que non volontaires, est pour le moment une gigantesque extrapolation que nous rejetterions sans hésiter s'il s'agissait d'une recherche ordinaire de physique. Le physicien, lorsqu'il étend ainsi son champ de recherche, cesse d'être un physicien, cesse de se contenter de la méthode descriptive dans son désir intempestif de montrer qu'il est un physicien complet.

Il est évident que nous pouvons décrire les mouvements et changements de quelle sorte de matière que ce soit, d'une manière purement physique. Et, comme le Prof. Ward l'a suggéré dans une importante contribution au sujet, là où l'explication physique ordinaire fait défaut, imaginer encore des liens de tension entre l'éther et la matière. Mais, comme l'ajoute le Prof. Ward, ces hypothèses ne seraient appuyées sur aucune sanction ; ce seraient de simples images sur la surface des choses, destinées à rendre compte de ce qui se passe devant elles et qui n'auraient pas plus de réalité que les images des objets dans un miroir.

Si nous avons une confiance complète dans la méthode descriptive appliquée aussi bien à la matière vivante qu'à la non vivante, elle nous enseigne, me semble-t-il pour le moment, que tandis que dans la matière non vivante nous trouvons toujours des similarités, et que chaque événement est comme d'autres événements actuels ou imaginés, dans un être vivant, il y a toujours des dissemblances. Au point de vue psychique, le seul auquel nous nous placions, il y a toujours dans l'être vivant une individualité, quelque chose de différent de tout autre être vivant et une prédiction complète dans le sens physique et par les méthodes physiques n'est pas possible. S'il en est ainsi, le métier à tisser de la nature s'inspire d'un modèle qui n'a rien de géométrique. Les fils de vie, s'introduisant nous ne savons d'où, ici s'entrelaçant ensemble, là se séparant, font apparaître un dessin qui leur appartient, toujours plus complexe et toujours gagnant en beauté.

NOTE DU TRADUCTEUR

Les titres scientifiques de l'éminent physicien à qui est due en particulier la loi de la propagation de l'énergie dans le champ électro-magnétique, donnent une valeur spéciale à l'exposé que l'on vient de lire de ses vues sur la constitution de la matière inorganique. Nous avons pensé intéresser nos lecteurs en leur faisant connaître ce résumé des opinions d'un homme de science qui nous semble très suggestif et qui fera réfléchir sur ces questions qui méritent qu'on les prenne en considération.

Il est à peine nécessaire d'ajouter que toute affirmation dans ce domaine peut soulever des objections et prêter à discussion. Le traducteur est d'autant mieux qualifié pour le dire qu'il a pris la liberté de présenter quelques remarques à l'auteur qui lui a répondu avec la meilleure obligeance. Je citerai seulement la réponse de M. Poynting à ma remarque concernant la définition de la loi et dans laquelle je rappelais que la faculté d'intuition dont l'emploi est si évident dans la découverte des lois, semble impliquer un caractère spécial des similarités constituant la loi d'après lui. Comme exemple, je choisissais les lois du mouvement établies par Galilée. M. Poynting répond : « Je pourrais considérer cette remarque comme favorable à mon point de vue. C'est la faculté d'intuition qui permet au savant de voir les similarités là où d'autres ne voient que les dissemblances, et le rend capable d'élaguer les circonstances de moindre importance. Dans le cas de la chute des corps, les prédécesseurs de Galilée avaient remarqué la différence dans la vitesse de chute entre les corps légers et les corps plus lourds et en étaient embarrassés. Galilée, ayant dans l'esprit l'attraction de la terre sur tous les corps, montra que les différences étaient dues à la résistance de l'air et parvint à la loi idéale qui était l'expression des similarités. »

GEOLOGIE

DE

LA HAUTE VALLÉE

DE

LAUENEN

(Préalpes et Hautes-Alpes bernoises)

PAR

Maurice LUGEON et **Georges ROESSINGER**

Quand on jette un coup d'œil sur la Feuille XVII de la carte géologique suisse, on remarque entre la large bande jaune de Flysch, qui commence aux Ormonts et finit au Niesen, et la bande jaune et verte des Hautes-Alpes crétacées et tertiaires, une longue zone en fuseau, bleue, violette et orange, dont une pointe est à Châtelet et l'autre au N.-E. d'Adelboden. C'est une des parties de la zone interne, la moins connue des Préalpes suisses. Quelques géologues l'ont traversée, parmi lesquels B. Studer ; G. Ischer devait la décrire en détail : il n'a laissé de ses travaux que deux courtes notices et la carte au 1 : 100.000 (partie de la feuille XVII), malheureusement trop peu exacte.

Cette région forme une fraction importante de la

zone de contact des Préalpes et des Hautes-Alpes à faciès helvétique. On pouvait espérer que la connaissance détaillée des rapports réciproques de ces deux régions, si disparates l'une par rapport à l'autre, apporterait quelques lumières dans l'important et captivant problème de l'origine des Préalpes.

La présente notice contient le résumé d'une longue recherche très détaillée sur la vallée de Lauenen. Elle espère jeter un peu de clarté sur un tronçon de cette région mystérieuse et presque inconnue.

§ 1. Stratigraphie. — La haute vallée de Lauenen se subdivise d'après ses terrains en quatre zones très distinctes, dont les trois premières appartiennent aux Préalpes, et la quatrième aux Hautes-Alpes[1].

1. *Zone de la Brèche à Echinodermes.* — Elle forme l'escarpement que le voyageur a presque constamment à main gauche, en se rendant de Châtelet à la Lenk, par les cols du Krinnen et du Trüttli. On ne peut fixer de limite entre elle et la zone de Flysch du Niesen, la première est une partie de la seconde.

Terrains :

Flysch : marnes, calcaires, grès, brèches à éléments surtout cristallins, triasiques et liasiques.

Lias ou Dogger : brèche spathique, grise, rose, verdâtre, avec Bélemnites, cailloux de calcaire homogène rose, etc. Cette roche est semblable à celle des klippes du pied du Chaussy, dans la vallée des Ormonts.

Calcaires foncés, cristallins ou homogènes, à Bélemnites liasiques.

[1] Suivre cette description sur la feuille Lenk (472) de l'atlas topographique fédéral.

Trias : Marnes rouges, vertes, grises, violet foncé : cornieule, calcaire dolomitique; gypse.

2. *Zone des Schistes à Posidonomyes.* — Elle est marquée par des dépressions. Au nord, elle confine à la région précédente ; la ligne de séparation accompagne assez fidèlement le sentier Krinnen-Lauenen-Trüttli. Au sud, elle est en contact avec la zone suivante, leur limite part du petit col des Gridenläger (Wallis-Windspillen, versant W. de la vallée), passe par Rohr (sur Lauenen) et aboutit au col 1991 entre les Stüblenen et le Rothhorn (versant E.).

Terrains :

Flysch : marnes, calcaires, grès, brèche cristalline, brèche calcaire à Nummulites, (éléments de cette dernière : calcaires foncés liasiques? ainsi que calcaires dolomitiques).

Lias supérieur : marnes noires feuilletées à rognons pyriteux, Posidonomyes et Harpoceras.

Lias inférieur ou Dogger. Brèche calcaire à éléments dolomitiques, siliceux, schisteux, accompagnée de gros fragments de calcaire siliceux, à Bélemnites et Ammonites. Calcaire spathique, cristallin ou homogène.

Trias : marnes rouges, vertes ; cornieule, calcaire dolomitique, gypse.

3. *Zone des Marnes oxfordiennes.* — Elle est située entre la zone précédente et le pied des Hautes-Alpes.

Terrains :

Flysch : marnes, calcaires, grès, brèche cristalline et calcaire (éléments de celle-ci : granit, gneiss, micaschistes, calcaires du Malm, nodules siliceux provenant du calcaire du Malm, etc., Nummulites). Brèche de dislocation (éléments : marnes foncées, cailloux de

cornieule, de calcaire du Malm, de calcaire du Flysch, etc.).

Malm : calcaire homogène gris clair, à nodules siliceux noirâtres, riche en Aptychus imbriqués : aussi : Térébratules, Bélemnites et Ammonites.

Oxfordien : marnes grises ou noires et ferrugineuses, avec petits rognons calcaires très arrondis ou gros rognons calcaires pyriteux, aussi miches ou bancs de calcaire siliceux. Céphalopodes nombreux, surtout *Phylloceras tortisulcatum*.

Trias : Cornieule, calcaire dolomitique, Gypse.

Ces trois premières zones ont livré des fossiles nombreux, mais en général très altérés. Ils suffisent cependant à établir les niveaux que nous venons d'énumérer. Le Flysch en particulier abonde en Nummulites !

4. *Socle haut-alpin.* — C'est, comme on verra plus loin, le substratum des autres régions. Il fait partie des Hautes-Alpes et présente les faciès helvétiques. Il affleure là où l'érosion a détruit assez profondément son superstratum (par exemple dans le fond de la vallée de Lauenen). Ischer a indiqué assez exactement les limites de son affleurement, mais l'a colorié à tort presque partout en Nummulitique.

Terrains :

Nummulitique : Trois niveaux pouvant alterner ou se remplacer :

Niveau supérieur : *Schistes nummulitiques* fauves, avec fucoïdes et rarement Nummulites. N. moyen : *Calcaire nummulitique*, Nummulites partout. N. inférieur : *Grès blanc* sans nummulites.

Urgonien : calcaire blanc-gris à Réquiénies.

Néocomien : schistes foncés, calcaire siliceux ou détritique foncé.

Un fait intéressant ressort déjà de cet aperçu stratigraphique :

On remarque en effet que les brèches du Flysch sont formées en partie aux dépens des terrains mésozoïques *de la zone où on les rencontre*, en partie aux dépens d'autres roches souvent plus anciennes, par exemple des roches cristallines.

§ 2. Tectonique. — L'intérêt de la région de Lauenen réside moins dans ses terrains que dans les dislocations intenses dont ceux-ci portent les traces.

Les trois zones qui appartiennent aux Préalpes, semblent mériter au premier abord ce qu'en a dit Quereau[1] : « Elles font l'impression d'un amas sans règle de fragments d'un système sédimentaire. » Les affleurements sont rares à cause de la végétation abondante et d'énormes revêtements de terrains glaciaires; on arrive cependant, à la longue, et par une étude minutieuse de tous les torrents, à s'orienter dans ce dédale. Les zones en question sont formées par des *alternances de lames* de Flysch et de lames mésozoïques diverses, qui dessinent à la surface du sol de longues bandes parallèles ou mieux des fuseaux allongés; la longueur de ces lames est donc souvent restreinte, cependant celles qu'on peut suivre d'une arête de la vallée à l'autre ne sont pas rares. Elles plongent d'une manière très générale au N.-W., sous la zone de Flysch du Niesen.

Dans le Flysch de l'escarpement qui forme notre première zone sédimentaire, sont implantées deux lames très constantes de Trias avec klippes de Brèche des

[1] Quereau, Ueber die Grenzzone zwischen Hochalpen und Freiburgeralpen im Bereiche des oberen Simmenthales. (*Ber. der Naturf. Gesellsch. zu Freiburg i. B.*, Band IX, p. 7.)

Ormonts, de calcaires liasiques, etc., broyées dans leur masse. Entre elles deux, le Flysch montre une assise très dure de brèche (quelquefois plusieurs), souvent mise en saillie par l'érosion (éléments : cailloux cristallins, calcaires, *schistes verts triasiques*).

C'est la lame supérieure qui forme l'angle de l'arête (alt. 1970), au N.-W. du col du Krinnen, tandis que le mamelon du Tauben, au-dessus du col du Trüttli, a pour soubassement la lame inférieure, et pour couronnement le Flysch intermédiaire ; la lame supérieure affleure dans le haut du Turbachthal, derrière le Tauben.

La région 2 présente deux bandes de Schistes à Posidonomyes, accompagnées généralement de Trias et séparées par une puissante couche de Flysch. Le Trias contient des écailles de roches calcaires ou bréchiformes, que nous avons attribuées au Lias inférieur ou Dogger. Ses rapports avec les bandes de Schistes à Posidonomyes varient suivant les points. Il leur est en général subordonné, mais il peut être inclus dans leur masse, ou superposé à celle-ci, il peut même en être séparé par du Flysch ! La bande N. des schistes liasiques passe au col du Krinnen, disparaît sous le glaciaire du Brüchli, reparaît dans le lit du Schwarzenbach et du Kelleræibach qu'elle suit jusqu'au col du Trüttli. Une bande de cornieule ou de gypse l'accompagne constamment à son bord S. La couche de Flysch intermédiaire passe au Brandsberg (versant W., entre Krinnen et Wallis-Windspillen), forme au-dessus de Rohr et Tüffi, des deux côtés de la vallée, deux parois de brèche calcaire à nummulites, et affleure au sommet du Trüttlisberg (S. du col du Trüttli). Ce Flysch est extraordinairement

impur, il contient des blocs de schistes cristallins, d'énormes bancs de brèche, des klippes triasiques, liasiques. etc., etc. La bande S. des Schistes à Posidonomyes quitte le Brandsberg (versant W., entre Krinnen et Wallis-Windspillen), passe à Tüffi sous la paroi de brèche calcaire et vient border au S. le Flysch du Trüttlisberg. Le Trias qui lui est subordonné est très puissant. Il constitue le gypse des Gridenläger (W.-Windspillen, versant W.), descend de là dans la vallée en passant à Hinter'm See (sur Lauenen), forme ensuite le lit du Blattibach jusqu'à Schönenboden, et enfin s'étale largement aux Stüblenen, sur l'arête qui sépare les vallées de Lauenen et de la Lenk.

Il faut sans doute rattacher à cette deuxième zone une klippe singulière, située au SW. des Stüblenen, et paraissant empiéter sur le territoire de la zone suivante. Elle est formée de gypse et de cornieule, de calcaire cristallin, spathique (sans doute Lias inférieur), et de calcaire homogène en miches, interstratifié de marnes à Posidonomyes (Lias supérieur).

La troisième zone est constituée par des alternances de lames de marnes oxfordiennes et d'écailles de Flysch. Il y a au moins trois de ces lames. En outre à Blatti, (versant E. au pied du Rothhorn) une écaille de gypse et de cornieule s'insère au milieu d'une des bandes mésozoïques. Le Flysch, contient souvent de la brèche cristalline, des brèches de dislocations, etc. De plus, ici comme dans les deux autres zones à faciès préalpin, ce terrain se glisse très souvent, sous forme d'écailles plus ou moins étendues, au cœur des lames mésozoïques. Ses différents niveaux présentent en outre des klippes très volumineuses de calcaire à Aptychus et

nodules siliceux (Malm?) La plus importante de celles-ci est la « Burgbühl », petite colline située au fond du Küh-Dungel au pied E. du Vollhorn, et qui repose, par intermédiaire d'un peu de Flysch, sur les Schistes nummulitiques haut-alpins.

Cette troisième zone occupe, sur le versant W de la vallée, le quadrilatère compris entre l'arête, le gypse Gridenläger-Hinter'm See, le chemin d'Hinter'm See au lac, et le pied des Hautes-Alpes. Sur le versant E. ses limites sont : au N. la même bande de gypse, qui passe (voir zone 2) par le lit du Blattibach et les Stüblenen, à l'E. l'arête Vallée de Lauenen-Vallée de la Lenk, au S. le pied du Niesenhorn et du Vollhorn. La limite W. est très sinueuse ; grossièrement elle peut être définie une ligne allant de Tüffi près Lauenen, au hameau du Küh-Dungel (pied du Hahnenschritthorn). Préciser cette limite serait trop long pour le cadre de notre notice. Nous ne décrirons pas non plus le tracé compliqué des bandes alternantes de Flysch et de marnes oxfordiennes ; qu'il nous suffise de dire que par toute éminence passe une écaille de Flysch (sommet des Wallis-Windspillen, versant W ; sommets du Tossenberg, du Gubishubel, du Rothhorn et petits mamelons de l'arête Stüblenen-Rothhorn, versant E), tandis que toutes les dépressions entre ces points culminants logent des bandes d'Oxfordien. La complication des limites et de la structure de cette zone 3 vient de ce qu'elle est immédiatement superposée au socle haut-alpin et qu'elle a été atteinte par les plissements et les failles de celui-ci (voir plus haut).

Avant d'aborder la description du socle haut-alpin il importe de nous arrêter à ce phénomène de recouvre-

ment du bord de la zone helvétique (socle haut-alpin) par l'empilement inouï d'écailles que représentent nos zones 1, 2 et 3.

L'un de nous a fait voir, en effet, il y a quelques années que tout le long du contact des Préalpes et des Hautes-Alpes *le plis de celles-ci disparaissent tour à tour en oblique sous celles-là.*

Dans la Vallée de Lauenen, où les zones 1, 2 et 3 représentent le bord recouvrant des Préalpes, et le socle haut-alpin, le bord recouvert des Hautes-Alpes, le phénomène est admirablement visible. On voit sur les flancs de la vallée la couverture préalpine incomplètement détruite par l'érosion recouvrir le Nummulitique des Hautes-Alpes suivant une ligne sinueuse comme le bord en haillons d'un vieux vêtement.

Les plis empilés, qui forment la haute muraille des Alpes à faciès helvétiques, au S. de Lauenen se noient sous les masses exotiques seulement au nord de l'anticlinal qui constitue la chaîne du Niesenhorn-Hahnenschritthorn. C'est donc en avant de ce grand pli déjeté que commence le véritable *socle actuel* des Préalpes. Cela ne veut pas dire que la partie en arrière de ce socle fut toujours libre de la masse recouvrante, bien au contraire, ainsi qu'en témoignent des débris de Trias que l'on voit à Iffigen, dans la prolongation du pli du Niesenhorn.

Les plis du *socle haut-alpin actuel, diminuent d'amplitude à mesure qu'ils s'éloignent de la haute-chaîne*. La nappe recouvrante est exactement moulée sur leur surface ; l'érosion à mis à nu le faîte des anticlinaux et *respecté dans les synclinaux les fragments de Préalpes qui y sont pincés.*

Voici sommairement décrits les plis successifs du socle en question. Le premier (anticlinal I), qui est le plus près de la grande muraille des Hautes-Alpes, forme la majestueuse paroi du Dungelschuss, de la Holzersfluh et de l'Arbelifluh. Il est déjeté au NW. et rompu jusqu'au Néocomien calcaire. L'Arbelifluh montre sa charnière d'Urgonien ; au Rothhorn cette charnière est recouverte par les Schistes nummulitiques : *plus loin le pli entre sous la nappe préalpine et son influence s'y fait nettement sentir ;* en effet quand on suit l'arête Stüblenen-Rothhorn on voit, au delà de la jonction de l'arête avec l'Aebigrat, les écailles de Flysch et de marnes oxfordiennes changer leur prolongement si constant au NW. en un prolongement opposé. Dans le haut vallon de l'Aebibach (versant de la Lenk) on voit même le pli faire affleurer de nouveau ses Schistes nummulitiques, *autour desquels s'incurvent les écailles préalpines !* Cette réapparition est due à la profondeur relative du vallon. Le synclinal 1 (situé entre l'anticlinal I et le pied des Hautes-Alpes) occupe dans notre vallée les vastes alpages du Stieren-Dungel et du Küh-Dungel. Il est rempli par la zone 3 qui y montre ses alternances de lames de Flysch et de Marnes oxfordiennes ainsi que ses klippes de calcaire à Aptychus (Burgbühl). Une faille énorme tranche l'anticlinal I et le synclinal 1 en passant entre les sommets jumeaux du Rothhorn et du Gubishubel, qui sont formés par la même couche de grès et brèches du Flysch brisée et portée par la faille à deux altitudes différentes.

L'anticlinal et le synclinal I sont les seuls plis du socle actuel dont une extrémité puisse être suivie directement dans les Hautes-Alpes, les prolongements des

autres pénètrent dans les deux sens sous la nappe préalpine.

Les anticlinaux II et III sont beaucoup plus effacés. ils sont parallèles au premier et rompus eux aussi jusqu'au Néocomien. Au bord E. des lacs de Lauenen on les voit sortir de dessous les alluvions, chacun d'un des côtés du ruisseau qui vient du lac principal et coule dans le Rohrbach. Ils se dirigent de là, vers Gschwend. Le synclinal 2 (entre I et II) est rempli de Flysch, de marnes oxfordiennes et de klippes parfois énormes de calcaire à Silex (Malm) et de cornieule.

La description détaillée de l'anticlinal IV et des synclinaux correspondants est beaucoup trop compliquée pour trouver place ici.

Dans la vallée de Gsteig le socle haut-alpin présente des dispositions semblables à celles de la vallée de Lauenen. Un pli part du pied du Saanenschuss (fond de la vallée) et pénètre sous les écailles de la zone 3 formant l'arête des Wallis-Windspillen en les bombant aussi au-dessus de lui. Sa dernière trace avant de disparaître sous les Préalpes est la paroi urgonienne de la Lochstafel.

§ 3. Rapports des terrains de la vallée de Lauenen avec ceux des autres parties de la zone interne. — L'analogie de la brèche à échinodermes de notre zone 1 (Lias ou Dogger) avec la roche de certaines klippes des Ormonts, ainsi que la position analogue de ces écailles mésozoïques à la base de la zone de Flysch du Niesen, conduit à l'idée qu'elles appartiennent, ici et là-bas, à une même lame triaso-jurassique. Cette lame, qui se rattache aussi le sommet du Cha-

mossaire, se prolongerait donc, pincée dans le Flysch depuis les Ormonts jusqu'au col du Trüttli (entre Lauenen et Lenk) et sans doute plus loin encore. La démonstration sera faite lorsqu'on aura trouvé au N. du Pillon, les affleurements intermédiaires : cela ne sera peut-être pas difficile.

La zone 2 avec ses deux bandes de Schistes à Posidonomyes flanquées de Trias et séparées par des lames de Flysch, reproduit exactement les dispositions qu'on observe au col du Pillon, dont elle est sans aucun doute le prolongement.

Quant à la zone 3, c'est de nouveau la plus mystérieuse. Cependant rappelons que la limite des Préalpes et des Hautes-Alpes au S. de la région salifère de Bex, est jalonnée par une énorme écaille de Néocomien à Céphalopodes, accompagnée à Javernaz de schistes oxfordiens [1], à Plan Seujet de cornieule et de Malm [2]. A Leissigen, au bord du lac de Thoune, cette limite montre des écailles de Néocomien avec des lames triasiques intercalées [3].

A Lauenen, sans aucun doute, on assiste au passage du même ensemble, avec prépondérance des marnes oxfordiennes, de telle sorte que la limite Hautes-Alpes-Préalpes est jalonnée par une zone de Trias, d'Oxfordien, de Malm et de Néocomien à Céphalopodes.

Fait de la plus haute importance : *le contact des Préalpes avec la région miocène des collines est formé par une zone montrant exactement les mêmes terrains !*

[1] Renevier. *Hautes-Alpes vaudoises*, p. 217.
[2] Id., p. 98 et 224.
[3] C. Moesch. *Geol. Beschreibung der Kalk-und Schiefergebirge zwischen Reuss und Kienthal*, p. 215-234.

§ 4. Tectonique générale de la vallée de Lauenen. — Nous nous trouvons, dans la zone préalpine que nous venons de décrire sommairement, en présence d'une contrée aux dislocations particulièrement intenses. L'abondance des brèches du Flysch, formées en partie aux dépens des lames mésozoïques voisines, suffirait seule à en témoigner. La région a subi, pour ainsi dire, un *coup de laminoir*, ce qui nous explique ses particularités, soit :

1° Régime d'écailles en nombre multiple, aux charnières devenues invisibles par suite du puissant étirement.

2° Ecrasement total, localisé, mais fréquent, de ces écailles.

3° Persistance des sédiments mous qui, plus malléables, se sont prêtés au laminage.

4° Egrènement des écailles formées par les terrains durs, de la grosse klippe jusqu'à la trituration en brèche de dislocation.

Quelles que soient les causes auxquelles ces zones doivent leur étonnante structure, un point est hors de doute. Ce régime imbriqué, cette trituration des parties dures, étaient réalisés avant la formation des plis des Hautes-Alpes qui s'enfoncent sous ces zones, puisque la 3me zone, avec ses alternances de Flysch et d'Oxfordien, est pincée dans les synclinaux du socle haut-alpin.

Pour s'expliquer l'ensemble des phénomènes géologiques constatables dans la haute vallée de Lauenen, il faut choisir entre deux hypothèses :

La plus simple, au moins en apparence, est la suivante : les zones 1, 2 et 3 sont en place mais chevauchent sur les Hautes-Alpes ; elles sont formées par un

système de plis parallèles, déversés au N.-E., isoclinaux, et tellement laminés que certaines couches ont par places, complètement disparu. Les synclinaux (lames de Flysch), sont remplis par les débris des anticlinaux (lames mésozoïques).

La seconde envisage les écailles des zones 1, 2 et 3 de deux manières. Soit comme *lames de charriage*, arrachées à des parties plus ou moins éloignées des hautes chaînes calcaires, puis entraînées par la marche en avant des Préalpes médianes (qui, elles, sont supposées venues de régions centrales des Alpes) et, actuellement, écrasées entre le bord S. de celles-ci et la zone à faciès helvétique ; soit comme des plis indépendants venus du sud avec la grande nappe de charriage.

Cette théorie paraît plus satisfaisante, car elle explique très bien le chaos tectonique de la vallée de Lauenen, le laminage des écailles, la formation des brèches de dislocation et la circonstance importante que la zone paraît dépourvue de racines en profondeur.

Cependant rien n'autorise, en considérant les seuls faits mentionnés dans cette notice, à préférer d'une manière absolue l'une des hypothèses à l'autre. L'un de nous montrera dans un travail plus complet, si la rigoureuse interprétation de tous les faits observés permet de se prononcer davantage.

Il suffit aujourd'hui d'avoir montré l'intérêt considérable que présente l'étude détaillée au possible d'une telle région.

Lausanne, Laboratoire de géologie et de géographie physique de l'Université, octobre 1900.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

St VON KOSTANECKI et A. SEIFART. SUR LA 2.2′ DIOXYFLAVONE (*Berichte*, t. XXXIII, p. 2509; Berne).

La 2.2′ *dioxyflavone* a été obtenue en condensant, en premier lieu, l'aldéhyde éthylsalicylique avec l'éther monoéthylique de la quinacétophénone, ce qui fournit la 2.2′ *diéthoxyflavanone* $C^{15}H^{10}O^2(OC^2H^5)^2$, F 100-101°, dont la solution dans KOH alcoolique est rouge-jaune. Le *dérivé bromé* de cette combinaison cristallise dans l'alcool en aiguilles, F 101-102, et fournit par l'action de la lessive de soude concentrée sur sa solution alcoolique chaude, la 2.2′ *diéthoxyflavone* $C^{15}H^8O^2(OC^2H^5)_2$, aiguilles blanches, F. 106°. Celle-ci traitée pendant plusieurs jours par HJ conc. donne la 2.2′ *dioxyflavone* qui cristallise en aiguilles jaunes, F. 304-305°, se dissolvant dans la lessive de soude en jaune. Son *dérivé acétylé* est en prismes blancs, F. 148-149°.

C. CRIVELLI et St VON KOSTANECKI. SUR LA β MÉTHYLE-2-OXYCHROMONE (*Berichte*, t. XXXIII, p. 2512, Berne).

L'éther diéthylique de la quinacétophénone peut être condensé avec les éthers d'acides pour donner des β dicétones. Ces dicétones, de même que toutes les o-éthoxy-β dicétones connues, sont transformées par l'action de HJ à chaud, en dérivés de la chromone (β méthyle-2-oxychromone; 2-oxyflavone). Les auteurs ont préparé par l'action de l'éther acétylacétique en présence de Na sur l'éther

diéthylique de la quinacétophénone. la 2.5 *diéthoxy-acétyl-acétophénone* $\overset{2.\ 5}{(C^2H^5O)^2}\ C^6H^3.\overset{(1)}{CO}.CH^2CO.CH^3$ F. 60°. dont la solution alcoolique est colorée en rouge par $FeCl^3$. En chauffant longtemps ce dérivé avec HJ conc., ils ont obtenu la β *méthyl-2-oxychromone* qui est en prismes jaunes. F. 247°, et se dissout dans les alcalis en jaune pâle. La 2.5. *diéthoxy-benzoylacétophénone* préparée d'une manière analogue est en aiguilles, F. 72-74°, et fournit par ébullition avec HJ et déméthylation complète. la *2-oxyflavone.*

R. Thomas-Mamert et St. Weil. Condensation de l'éther cétipique avec les orthodiamines. I. Condensation avec l'éthylènediamine et les naphtylène-orthodiamines (*Bullet. Paris* [3], 23, 438-56, Fribourg).

En chauffant une mol. d'éthylènediamine avec une mol. d'éther cétipique dissous dans l'alcool absolu, il se forme le dihydropyrazinediéthyloate d'éthyle

```
            N
CH2 /    \ C — CH2 — COOC2H5
    |      |
CH2 \    / C — CH2 — COOC2H5
            N
```

Pour réaliser la condensation avec la naphtylènediamine, on chauffe une mol. de cette dernière avec une mol. d'éther cétipique dissoute dans l'alcool absolu. L'opération s'effectue au bain-marie et dans un courant de H durant une heure et demie. Il se forme le 1.2 naphtoquinoxalinediéthyloate d'éthyle

```
                 N
  /  \    /  \  // \
  \__/  /     \      C — CH2 — COOC2H5
       |      |      ‖
        \    /  \  / C — CH2 — COOC2H5
                 N
```

S. Grossmann et St von Kostanecki. Sur la 4′ Oxyflavone (*Berichte*, t. XXXIII, p. 2515 ; Berne).

A l'occasion de la synthèse de la chrysine il a été élaboré une méthode qui paraît être générale et qui permet d'obtenir les flavones soit en partant de l'o-éthoxyacétophénone $\langle^{OC^2H^5}_{OC^2H^5}$ et des éthers des acides, soit en partant des éthers de l'acide salicylique $\langle^{OC^2H^5}_{COOC^2H^5}$ et des acétophénones. Pour ce qui concerne la 4′ oxyflavone il a paru indiqué de se servir de l'éther éthylique de l'acide éthylsalicylique et de la p-éthoxyacétophénone; les deux produits ont été condensés en présence de Na et ont fourni une β dicétone la *2-4′ diéthoxybenzoylacétophénone* F 110-111° qui bouillie avec HI conc: donne par fermeture de la chaîne et déméthylation complète la 4′ *oxyflavone*

O
C⟨ ⟩OH F 268°.
CO

Le *dérivé acétylé* est en aiguilles blanches fusibles à 137° et le *dérivé éthoxylé*, qui cristallise de même, fond à 139-140°.

St. von Kostanecki, A. Rozycki et J. Tambor. Synthèse de la lutéoline (*Berichte* XXXIII, 3410, Berne).

La matière colorante de la gaude (reseda luteola), la lutéoline, a été isolée en 1832 par Chevreul et a été l'objet de nombreuses recherches dont les auteurs rendent compte. A la suite de travaux récents de Perkin, on pou-

vait hésiter pour la lutéoline entre deux formules de constitution, mais la synthèse que viennent d'en opérer les auteurs montre que la formule suivante doit lui être attribuée :

```
              O
    HO/‾‾‾\/‾‾‾\CC⁶H³(OH)₂
      |    |    ||
      \___/\___/CH
     OH     CO
```

Ils l'ont en effet obtenue de la manière suivante : ils ont fait réagir l'éther éthylique de l'acide vératrique sur l'éther méthylique de la phloracétophénone en présence de sodium et ils ont obtenu un composé présentant les réactions de la *2.4.6.3'.4' pentaméthoxy-benzoylacétophénone*; cette substance réduite en poudre fine et introduite dans HJ à chaud, fond en une huile qui, après ébullition, commence à laisser déposer un précipité solide; pour obtenir directement la lutéoline, il faut faire bouillllir pendant longtemps : on introduit ensuite le produit de la réaction dans une solution de bisulfite de soude, puis le précipité filtré est cristallisé plusieurs fois dans l'alcool étendu : on obtient finalement des aiguilles fusibles à 327°, possédant les caractères de la lutéoline, mais non encore de couleur jaune pur. Pour l'obtenir complètement pure, il a fallu la transformer par une courte ébullition avec de l'anhydride acétique et de l'acétate de sodium, en *dérivé tétracétylé* qui a été ensuite saponifié. La *tétracétyllutéoline* $C^{15}H^{6}O^{2}(OCOCH^{3})_{4}$ est difficilement soluble dans l'alcool et cristallise en aiguilles blanches, fusibles à 222-224° : elle est saponifiée par une courte ébullition avec HJ pour fournir la *lutéoline* $C^{15}H^{10}O^{6}$ qui cristallise en aiguilles soyeuses, jaune pâle, renfermant une molécule d'eau de cristallisation. Elle fond à 328-329°.5 et possède tous les caractères de la lutéoline naturelle.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIETE DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 6 décembre 1900.

Dr E. Long. Les voies de conduction des impressions sensitives dans la moelle et le cerveau. — Ch.-Eug. Guye. Equations de condition des courants dérivés semblables et leur application aux mesures électriques. — Th. Tommasina. Auscultation des orages lointains par l'électro-radiophone. — E. Pitard. Indices céphalique, facial et nasal de 165 crânes savoyards. — M. Bedot et C. Pictet. Mémoire sur les Hydraires.

Le Dr E. Long fait une communication sur les *voies de conduction des impressions sensitives dans la moelle et le cerveau*, question qu'il a étudiée dans le laboratoire du Dr Déjerine, à Paris, et qui a fait le sujet de sa thèse de doctorat. Pour ne pas entrer dans des détails trop techniques, il s'attachera seulement à résumer l'évolution des doctrines sur ce chapitre de la neurologie.

L'étude des voies sensitives dans les centres nerveux est partie d'une donnée certaine : la nature centripète des racines postérieures de la moelle, démontrée au commencement du siècle par Ch. Bell et Magendie. Avant que la neuropathologie fût fondée, la physiologie expérimentale a été seule à étudier ce sujet : elle a montré, entre autres faits, que la moelle épinière est un organe conducteur d'autre nature que les nerfs périphériques et que la transmission des sensations s'y fait d'une manière diffuse,

Lorsqu'on a été en état d'utiliser la physiologie pathologique, des faits ont été étudiés qui ont permis d'écha-

fauder une théorie que l'on croyait satisfaisante, sur le chemin parcouru par les impressions sensitives. La connaissance du syndrome de Brown-Séquard a fait supposer que les fibres centripètes s'entrecroisent après leur entrée dans la moelle, puis l'étude des lésions de l'ataxie locomotrice progressive a conduit à la conclusion que les sensations tactiles et le sens musculaire passent par les cordons postérieurs de la moelle, tandis que la découverte de la syringomyélie a permis de conclure à la transmission des sensations thermiques et douloureuses par la substance grise centrale. Il semblait donc que la conduction de la sensibilité dût se faire dans la moelle par deux voies principales, toutes deux entrecroisées après leur pénétration dans le névraxe.

Dans le cerveau, on a supposé, d'après les faits bien connus d'hémianesthésie sensitivo-sensorielle observés chez les hystériques et la localisation fréquente des lésions de ramollissement et d'hémorragie dans la partie postérieure de la capsule interne, qu'il doit se trouver dans cette région un carrefour sensitif (Charcot) où toutes les fibres des sensibilités générales et spéciales se rencontrent pour diverger ensuite vers l'écorce cérébrale, où le faisceau sensitif se localise dans le lobe pariétal, en arrière de la zone motrice.

Ainsi s'est constituée la théorie du faisceau sensitif dans laquelle on suppose qu'à chaque fibre périphérique correspond une chaîne de fibres centrales ayant même valeur et mêmes fonctions.

Cette théorie a été battue en brèche lorsqu'on a reconnu que le syndrome de Brown-Séquard n'est pas dû à un entrecroisement des fibres sensitives, mais à un phénomène d'inhibition, que, d'autre part, l'ataxie locomotrice progressive est une maladie des racines postérieures et des nerfs périphériques et ne prouve rien pour la physiologie des cordons postérieurs, que, de même, la lésion de de la syringomyélie ne prouve pas l'existence de fibres spécialement affectées aux sensations thermiques et douloureuses et qu'enfin la localisation centrale du carrefour

sensitif est inexacte, les fibres motrices étant mélangées aux fibres sensitives dans toute l'étendue de la capsule interne.

Actuellement on tend à revenir à une conception plus large : les impressions sensitives sont apportées à la moelle où elles sont reçues par la substance grise, organe complexe composé d'un grand nombre de cellules mises en connexion les unes avec les autres par des fibres d'étendue et de direction variables. C'est cet axe gris qui est l'élément fonctionnel principal et, comme l'avaient affirmé Claude Bernard et Vulpian, il reçoit, transforme et transmet de proche en proche les sensations périphériques.

Cette transmission est cependant moins diffuse chez l'homme que chez les animaux, en vertu de la loi de spécialisation et de perfectionnement des centres nerveux à travers la série animale. C'est chez l'homme la partie postérieure de la substance grise qui, dans la moelle, le bulbe et l'isthme de l'encéphale, semble plus spécialement affectée à cette fonction.

En résumé, il est logique aujourd'hui d'expliquer la propagation des sensations autrement que par une simple conduction fibrillaire : les cellules du système nerveux central sont les éléments fonctionnels essentiels et si les fibres qu'elles émettent sont en parties détruites, les sensations peuvent être dérivées par une autre voie et la suppléance s'établit.

M. Ch.-Eug. GUYE fait une courte communication sur *es équations de condition des courants dérivés semblables et leur application aux mesures électriques*. Cette étude, entreprise il y a quelque temps déjà, a principalement pour but la détermination de l'intensité et de la puissance des courants de très gros débit, détermination qui présente, comme on sait, de nombreuses difficultés, par suite de l'importance que prennent alors les phénomènes d'induction. Le détail de cette étude paraîtra ultérieurement.

M. Th. TOMMASINA communique quelques résultats des expériences qu'il vient de faire pendant les mois de sep-

tembre et d'octobre en Italie, sur les décharges électriques dans l'atmosphère. Au moyen d'un appareil récepteur téléphonique des ondes hertziennes, qu'il appelle *électro-radiophone, il est parvenu à pouvoir étudier les orages lointains par auscultation*[1].

M. Eugène PITARD communique les résultats de ses recherches sur *l'indice céphalique, l'indice facial et l'indice nasal de 165 crânes savoyards.*

Ces crânes ont été étudiés dans les musées de Chambéry et d'Annecy. Ils proviennent de diverses localités des deux départements de la Savoie et de la Haute-Savoie. Ils sont d'époques différentes. Plusieurs d'entre eux ne sont probablement pas des Savoyards, mais des immigrés, tels que les Burgondes. Malheureusement, à cet égard, des renseignements précis font défaut.

L'*indice céphalique* moyen de ces 165 crânes est de 83.95. Ce chiffre est obtenu sans aucune élimination. Il indique la brachycéphalie vraie, mais il n'est pas élevé, comparé aux autres séries brachycéphales. Les femmes ont ce caractère crânien un peu atténué (Ind. céph. = 83.84). En classant tous ces crânes suivant la nomenclature de Broca, on contate que 15 d'entre eux, soit le 9.86 % sont dolichocéphales ou sous-dolichocéphales; 11, soit le 7,23 %, sont mésaticéphales; 126, soit le 82.88 % sont sous-brachycéphales et brachycéphales.

Ces crânes, par leurs qualités ethniques, placent les Savoyards des deux départements parmi les groupes humains dits Celtiques, ou Celtes-Alpins, comme les Valaisans précédemment examinés par M. Pittard.

L'*indice facial* étudié est le vrai indice facial; celui qui a comme diamètre vertical la hauteur prise dès le point nasal. Le chiffre moyen obtenu = 52.23. Il indique la leptoprosopie suivant la nomenclature de Kollmann. Le

[1] Voir la note de M. Tommasina dans le dernier numéro des *Archives,* décembre 1900.

nombre de fois où la chamæprosopie a été constatée est assez rare, vingt crânes seulement.

L'*indice nasal* moyen fournit le caractère de leptorrhinie. Le chiffre qui le réprésente = 47.88. Il est un peu inférieur à celui obtenu par Hovelacque[1] (48.47).

A l'aide de ces trois caractères morphologiques, on peut dire que les Savoyards ont le crâne court et large, la face plutôt longue, le nez également long et étroit.

Nous avons cherché quelle était la proportion, suivant la valeur de l'indice céphalique, des faces leptoprosopes ou chamæprosopes, avec, d'autre part, association des ouvertures nasales leptorrhiniennes, mesorrhiniennes, etc. Ces observations ne sont possibles que lorsque les crânes sont assez complets pour posséder toute la face.

Aussi, pour cette cause, nous ne pouvons fournir aucune indication à propos des dolichocéphales vrais. Quant aux sous-dolichocéphales, quatre seulement sont aptes à indiquer ces caractères ; pour les mésaticéphales trois ; les sous-brachycéphales et les brachycéphales fournissent des contingents bien supérieurs. En définitive, nous obtenons le tableau suivant. Nous mettons ( ) le nombre des crânes examinés.

Indice céphalique.	*Indice facial.*	*Indice nasal.*		
		[illegible]	[illegible]	[illegible]
Sous-dolicho. (4)	Leptoprosopes . . .	1	—	—
	Chamæprosopes . .	—	1	2
Mésaticéph. (3) . .	Leptoprosopes . . .	—	1	1
	Chamæprosopes . .	—	1	—
Sous-brachy. (17)	Leptoprosopes . . .	11	1	2
	Chamæprosopes . .	1	2	—
Brachycéph. (39)	Leptoprosopes . . .	23	2	1
	Chamæprosopes . .	5	5	3

[1] Hovelacque, *Le crâne savoyard*. Revue d'Anthrop., Paris 1877, t. VI. Le même. *Nouvelles recherches sur le crâne savoyard*. M. le prof. G. Hervé, de l'Ecole d'Anthropologie de Paris, vient

Les brachycéphales sont surtout des leptoprosopes leptorrhiniens. Il n'en est peut-être pas de même avec les mésati. et les sous-dolicho. Mais il est impossible d'en rien dire à cause de leur petit nombre. Il nous paraît déjà intéressant de constater que les crânes savoyards, en majorité courts et larges, ont la face relativement haute et étroite.

Un autre point, pour finir : le petit nombre de mésaticéphales (7,23 %) dans la série totale est à retenir. Il indique, à n'en pas douter, que les mélanges ont été très faibles.

J'ai trouvé la *suture métopique* persistant dans onze cas, ce qui représente le 6.6 % de la série totale. C'est à peu près le chiffre qu'on trouve dans les séries celtiques. Cette suture existait chez un plus grand nombre de crânes féminins que de crânes masculins : 3.63 % contre 3.03 %.

M. M. Bedot fait hommage à la Société du fascicule XVIII des résultats des campagnes scientifiques du prince de Monaco sur les *Hydraires* rapportés par l'*Hirondelle*, fascicule dû à MM. Camille Pictet et Maurice Bedot. L'auteur indique en résumé les faits les plus intéressants contenus dans cet ouvrage.

Séance du 20 décembre.

C. Cailler. Théorème d'inversion d'intégrale définie constituant une extension naturelle des intégrales de Fourier. — D'Espine. Rôle des moustiques dans l'étiologie de la Malaria. -- Amé Pictet et A. Rotschy. Trois nouveaux alcaloïdes du tabac.

M. C. Cailler communique à la Société *un theorème d'inversion d'intégrale définie* qui constitue une extension naturelle des intégrales de Fourier.

de me faire savoir qu'il a également étudié les crânes savoyards en question. Dans son volume, *Le Morvan* (Mémoires Soc. Anthrop. Paris 1884), il fournit les chiffres moyens des principaux indices : Ind. céphalique = 84.9. Ind. facial n° 2 = 51,7. Ind. nasal = 49.7. Il m'annonce qu'il publiera prochainement son travail.

Si l'on représente par $\psi_\mu(x)$ la fonction $x^{\mu/2} J_\mu(2\sqrt{x}) = \sum_{n=o}^{n=\infty} (-1)^n \frac{x^{n+\mu}}{n!\,(n+\mu)!}$ dans laquelle μ est un indice réel quelconque $> -\frac{1}{2}$, l'intégrale

$$\int_o^\infty f(z)\,\psi_\mu(xz)\,dz = x^\mu F(x)$$

donne

$$\int_o^\infty F(z)\,\psi_\mu(xz)\,dz = x^\mu f(x)$$

pourvu que x soit positif. En exprimant ce résultat en fonction explicite de $J_\mu(x)$ on obtient la formule

$$\int_o^\infty z\,J_\mu(xz)\,dz \int_o^\infty uf(u)\,J_\mu(zu)\,du \doteq f(x)$$

dont un cas particulier $\mu = o$ a été démontré par P. Du Bois Reymond (*Mathematische Annalen*, Bd IV).

L'auteur termine par quelques applications de la formule précédente.

M. le Prof. D'Espine fait un exposé des récents travaux anglais et italiens sur le *rôle des moustiques dans l'étiologie de la malaria.* A l'aide de planches murales il décrit le cycle asexué des parasites de la fièvre quarte, de la tierce et de la fièvre tropicale dans le sang humain, puis le développement sexué des mêmes parasites dans l'estomac de l'*Anopheles* et le passage des sporozoïtes dans la glande venimo-salivaire du moustique. Grâce à l'obligeance de M. Frey-Gessner, le Dr D'Espine montre un exemplaire d'*Anopheles bifurcatus* (Linné) qui a été recueilli par M. Frey il y a une vingtaine d'années dans le canton d'Argovie. Il termine sa communication par l'histoire du développement et des mœurs de l'Anopheles, ainsi que par la nouvelle prophylaxie de la malaria qui s'impose après la démonstration que cette maladie ne se prend que par la piqûre des moustiques.

M. le prof. Amé Pictet annonce qu'il a, en collaboration avec M. A. Rotschy, isolé *trois nouveaux alcaloïdes du tabac*. Les deux premiers peuvent être séparés de la nicotine grâce au fait qu'ils ne sont que fort peu volatils avec l'eau; ils restent donc dans les jus de tabac après que ceux-ci ont été entièrement débarrassés de la nicotine par distillation aux vapeurs d'eau; on peut les extraire par l'éther et les séparer l'un de l'autre par distillation fractionnée. Le premier passe à 266-267° et reste liquide après refroidissement, le second ne distille qu'au-dessus de 300° et se solidifie rapidement.

L'alcaloïde liquide, auquel les auteurs ont donné le nom de *nicotéine*, possède la formule $C_{10}H_{12}N_2$. Il renferme par conséquent deux atomes d'hydrogène de moins que la nicotine. Il est facilement soluble dans l'eau et dans les dissolvants organiques. Il constitue une base diacide, à réaction alcaline prononcée. Son odeur est agréable et rappelle le persil; sa densité est un peu plus forte que celle de la nicotine. Il est lévogyre, ainsi que ses sels, et décolore instantanément le permanganate en solution sulfurique. Les auteurs n'ont pas réussi jusqu'ici à le transformer en nicotine par réduction.

La proportion de nicotéine que renferme le tabac peut être évaluée approximativement au 2 % de celle de la nicotine.

L'alcaloïde solide, qui a reçu le nom de *nicotelline*, peut être facilement purifié par cristallisation dans l'alcool dilué ou dans un mélange de chloroforme et d'éther de pétrole. Il se présente alors sous la forme de petites aiguilles prismatiques, qui fondent très nettement à 148°. Le tabac n'en contient qu'une quantité extrêmement faible. Les auteurs n'en ont eu jusqu'ici entre les mains qu'un demi-gramme à peine: l'analyse unique qu'ils en ont pu faire leur a fourni cependant des résultats très nets, conduisant à la formule $C_{10}H_8N_2$.

La nicotelline est peu soluble dans l'eau et dans l'éther, elle se dissout en revanche avec la plus grande facilité dans l'alcool et dans le chloroforme. Ces solutions sont

neutres au tournesol. La base donne des sels bien cristallisés, entre autres un bichromate très peu soluble, ce qui la distingue de tous les autres alcaloïdes du tabac.

Le troisième alcaloide est facilement volatil avec les vapeurs d'eau; il se trouve donc mélangé à la nicotine brute. On peut l'en séparer en mettant à profit sa nature de base secondaire. En traitant le mélange par le nitrite de soude et en le distillant ensuite dans le vide, on obtient une petite quantité (environ 0,5 %) d'une nitrosamine huileuse, dont on peut ensuite retirer la base par ébullition avec l'acide chlorhydrique. Cette base ressemble beaucoup à la nicotine, mais elle s'en distingue cependant nettement par les caractères de ses sels ainsi que par le fait qu'elle fournit toutes les réactions des bases secondaires. Les auteurs ne l'ont pas encore analysée, mais ils se croient fondés à penser qu'elle constitue la *nornicotine*, c'est-à-dire la base dérivant de la nicotine par élimination du groupe méthyle attaché à l'azote.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 8 novembre 1900.

F. Kehrmann et Engelke. Dérivés du périnaphtimidazol. — F. Ullmann et J. Bielecki. Dérivés symétriques du biphényle. — A. Bach. L'acide de Caro.

M. F. Kehrmann, en essayant de réduire la combinaison nitrosée de l'acétaminonaphtol 1.7. (I), a obtenu un *dérivé du périnaphtimidazol* (II) : celui-ci se transforme par oxydation en un corps de structure quinonique (III) :

CH_3 — CO — NH ; NO ; — OH CH_3 — C — NH, N ; — OH CH_3 — C — N, N ; = O

I   II   III

M. Kehrmann poursuit l'étude de ces composés, en collaboration avec M. Engelke.

M. F. Ullmann décrit un procédé nouveau dont il s'est servi avec M. J. Bielecki pour préparer des *dérivés symétriques du biphényle*. Ce procédé consiste à faire agir le cuivre très divisé sur les composés nitrés et halogénés de

la série du benzène. Ainsi le chlorure de picryle fournit avec un bon rendement l'*hexanitrobiphényle* :

$$2\ NO_2\langle\ \rangle Cl\ (NO_2,\ NO_2) + 2\ Cu = NO_2\langle\ \rangle - \langle\ \rangle NO_2\ (NO_2,\ NO_2,\ NO_2,\ NO_2) + 2\ CuCl$$

Le chlorodinitrobenzène 1.2.4, le chloronitrobenzène 1.2, les iodonitrobenzènes 1.3 et 1.4, les différents éthers chloronitrobenzoïques, etc., peuvent être convertis de la même manière en dérivés du biphényle.

M. A. Bach répond aux critiques que MM. Armstrong et von Bæyer ont faites à ses observations au sujet de l'*acide de Caro*[1]. Dans l'opinion de ces savants, l'excès d'oxygène que M. Bach a obtenu dans la titration au moyen du permanganate, proviendrait d'une décomposition catalytique que l'acide subirait en présence du sulfate manganeux. Cette explication peut être exacte en ce qui concerne l'acide de Caro *dilué* dont se sont servis MM. Armstrong et von Bæyer, mais elle ne saurait convenir au cas étudié par M. Bach. Celui-ci a, en effet, toujours employé l'acide *non dilué*, préparé en mélangeant le persulfate de potasse et l'acide sulfurique de densité 1,84 : il l'a titré au moyen du permanganate sec, soit de l'anhydride permanganique. Dans ces conditions, l'acide n'est pour ainsi dire pas décomposé par le sulfate manganeux. L'auteur a toujours obtenu des quantités d'oxygène de 0,3 à 0,6 fois plus grandes que la quantité théorique. Il estime que cet excès d'oxygène ne peut provenir que de la décomposition d'un peracide qui renfermerait un noyau formé de trois atomes d'oxygène liés les uns aux autres ; ce noyau existe sans doute aussi dans le sel de Schöne :

$$\begin{matrix} K \\ K \end{matrix} > O = O - O = O < \begin{matrix} H \\ H \end{matrix} \qquad \begin{matrix} HO_3S \\ H \end{matrix} > O = O - O = O < \begin{matrix} SO_3H \\ H \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} O \\ \| \\ H - O - H \end{matrix} \qquad\qquad \begin{matrix} O \\ \| \\ H - O - SO_3H \end{matrix}$$

Sel de Schöne $K_2O_2, 2H_2O_2$ — Acide de Caro $(H_2SO_5)_3$

[1] *Archives* (4) X, 5 et 287.

Du reste, l'acide de Caro n'est point une substance homogène : il contient au moins un peracide supérieur, à côté de l'acide simple H_2SO_5 découvert par MM. von Bæyer et Villiger.

Séance du 13 décembre.

A. Pictet et A. Rotschy. Nouveaux alcaloïdes du tabac. — C. Graebe. Préparation du chlore.

M. le prof. Amé Pictet a isolé, en collaboration avec M. A. Rotschy, trois nouveaux *alcaloïdes du tabac*. Les deux premiers peuvent être facilement séparés de la nicotine grâce à leur très faible volatilité avec l'eau ; ils restent dans les jus de tabac après que ceux-ci ont été entièrement débarrassés de la nicotine par distillation aux vapeurs d'eau. En soumettant ces jus à une extraction méthodique par l'éther, les auteurs ont obtenu une petite quantité de produits basiques qu'ils ont soigneusement fractionnés. Ils ont isolé ainsi deux fractions principales, l'une qui passe à 266-267° et reste liquide après refroidissement, l'autre qui distille un peu au-dessus de 300° et qui se solidifie rapidement.

L'alcaloïde liquide, que les auteurs ont appelée *nicotéine*, possède la formule $C_{10}H_{12}N_2$: il renferme par conséquent deux atomes d'hydrogène de moins que la nicotine. Il est facilement soluble dans l'eau et dans les dissolvants organiques. Il constitue une base diacide, à réaction alcaline prononcée. Son odeur est agréable et rappelle le persil. Sa densité est un peu supérieure à celle de la nicotine, soit 1,0778 à 12,5°. Il est lévogyre ($[\alpha]_D = -46,41°$) ainsi que ses sels ($[\alpha]_D = -8,27°$ pour le chlorhydrate). Il décolore instantanément le permanganate en solution sulfurique. La proportion dans laquelle il se trouve dans le tabac peut être évaluée approximativement au 2 % de celle de la nicotine.

Il n'a pas été possible jusqu'ici de transformer la nicotéine en nicotine par réduction. Les deux alcaloïdes n'en doivent pas moins être considérés comme possédant une constitution très semblable ; en effet, la nicotéine fournit,

comme la nicotine, l'acide nicotique par oxydation au moyen de l'acide nitrique, et ses sels sont décomposés à haute température en dégageant des vapeurs qui colorent le bois de sapin en rouge.

L'alcaloïde solide, qui a reçu le nom de *nicotelline*, peut être facilement purifié par cristallisation dans l'alcool dilué ou dans un mélange de chloroforme et d'éther de pétrole: il forme de jolies aiguilles blanches qui fondent nettement à 148°. Il n'existe dans le tabac qu'en quantité minime. Les auteurs n'en ont eu jusqu'à présent qu'un demi-gramme à peine entre les mains. L'analyse unique qu'ils en ont pu faire a donné cependant des résultats très précis, conduisant à la formule $C_{10}H_8N_2$.

La nicotelline est peu soluble dans l'eau et dans l'éther, presque insoluble dans la ligroïne, très soluble dans l'alcool et le chloroforme. Ses solutions sont neutres au tournesol. Elle fournit des sels bien cristallisés, entre autres un bichromate très peu soluble, ce qui la distingue de tous les autres alcaloïdes du tabac.

Le troisième alcaloïde est facilement volatil avec l'eau; il se trouve donc mélangé à la nicotine brute. On peut l'en retirer en mettant à profit ses propriétés de base secondaire. En traitant le mélange par l'acide nitreux et en distillant le produit dans le vide, MM. Pictet et Rotschy ont obtenu une petite quantité (environ 0,5 %) d'une nitrosamine huileuse, dont ils ont retiré la base par ébullition avec l'acide chlorhydrique. Celle-ci ressemble beaucoup à la nicotine; elle s'en distingue toutefois nettement par les caractères de ses sels, ainsi que par le fait qu'elle donne toutes les réactions des bases secondaires. Les auteurs ne l'ont pas encore analysée, mais ils regardent comme probable qu'elle constitue la *nornicotine*.

M. le prof. GRÆBE parle des différentes méthodes employées dans les laboratoires pour la *préparation du chlore*. Il recommande un procédé qui repose sur l'action de l'acide chlorhydrique sur le chlorate de soude et décrit l'appareil qu'il a construit dans ce but. A. P.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

DÉCEMBRE 1900

Le 1er, brouillard depuis 9 h. du soir.

2, pluie à 7 h. du matin et à 4. h. du soir; brouillard à 10 h. du matin.

4, léger grésil, puis pluie et brouillard à 8 h. du matin; pluie depuis 1 h. du soir.

5, pluie la nuit jusqu'à 4 h. du soir; fort vent pendant tout le jour.

6, pluie à 7 h. et à 10 h. du matin; couronne et halo lunaire à 8 h, du soir; fort vent à 10 h. du soir.

7, forts coups de tonnerres, forte averse et coups de vent à minuit 40 m.; pluie jusqu'à 7 h. du soir; très fort vent à 7 h. du matin; nouvelle neige sur le Salève; à midi et à 2 h. arc-en-ciel.

8, pluie dans la nuit; forte bise de 10 h. du matin à 1 h. du soir.

9, forte gelée blanche le matin; brouillard depuis 7 h. du soir.

10, brouillard jusqu'à 10 h. du matin.

11, brouillard à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

12, brouillard pendant toute la journée.

13, brouillard pendant toute la journée.

14, brouillard pendant toute la journée.

15, brouillard le matin jusqu'à 1 h. du soir et depuis 9 h. du soir.

16, brouillard pendant toute la journée.

17, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

18, brouillard pendant toute la journée

19, brouillard pendant toute la journée; léger givre le matin.

20, brouillard pendant toute la journée.

21, gelée blanche le matin; pluie à 1 h. du soir; nouvelle neige sur le Salève.

22, gelée blanche le matin; brouillard depuis 9 h. du soir.

23, pluie dans la nuit; brouillard à 10 h. du soir.

24, pluie dans la nuit; brouillard à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

25, légère gelée blanche le matin; brouillard bas; forte rosée le soir; la neige a disparu sur le Salève.

26, très forte gelée blanche le matin; brouillard pendant toute la journée: givre.

27, brouillard à 7 h. du matin; léger givre; pluie à 4 h. du soir.

28, pluie de 3 h. à 9 h. du matin, grésil et forte averse à 1 h. 30 m. du soir; nouvelle neige sur les montagnes environnantes; fort vent de 1 h. à 7 h. du soir.

29, fort vent à 7 du matin; pluie à 9 du soir.

30, pluie dans la nuit et à 2 h. du soir; halo et couronne lunaire le soir.

31, pluie depuis 5 h. 30 m à 10 h. du matin; couronne lunaire à 7 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 10 h. matin	716,83	Le 1er à minuit	715,60
7 à 11 h. soir	733,10	16 à 1 h. matin..........	738,33
16 à 10 h. matin..........	740,35	23 à 2 h. soir	724,50
25 à 10 h. matin	735,03	31 à 6 h. matin	714,20
31 à 11 h. soir...........	717,25		

Résultats des observations pluviométriques faites dans le canton de Genève.

Stations Observ. MM.	CELIGNY Ch. Pesson	COLLEX J. Gottraux	CHAMBESY L. Perrot	SATIGNY P. Pelletier	ATHENAZ J.-J. Decor	COMPESIERES Pellegrin
Hauteur d'eau en mm.	111.9	94 2	93.5	137.5	112.0	54.2

Stations Observ. MM.	VEYRIER B. Babel	GENÈVE Observatoire	COLOGNY R. Gautier	PUPLINGE A. Dunant	JUSSY M. Micheli	HERMANCE C. Nyauld
Hauteur d'eau en mm.	55.2	81.6	67.5	53.3	52.0	82.9

Durée totale de l'insolation à Jussy : 41 h 35 m

GENÈVE. — DÉCEMBRE 1900.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Ecart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en millièm. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nombre d'h	Vent dominant.	Chemin parcouru par le vent. Kil. par heure.	Nébulosité moyenne	Insolation. Dur. en heures.	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Ecart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					millim.					h.	°	°	cm
1	716,29	−10,45	715,60	716,83	+ 4,16	+ 1,91	+ 3,6	+ 5,2	785	− 65	720	860	. .	. .	var.	2.5	1.00	0.0	+ 8.6	+ 0.6	134.0
2	719,86	− 6,92	716,50	724,00	+ 3,32	+ 1,20	+ 2,9	+ 4,1	929	+ 78	850	970	0,9	1	calme	2.5	1.00	0.0	. . .	. . . . .	133.0
3	727,23	+ 0,41	724,00	729,70	+ 4,36	+ 2,36	+ 3,0	+ 6,3	839	− 13	750	900	. . .	. .	calme	0.0	1.00	0.0	8.5	+ 0.8	132.5
4	728,85	+ 1,99	727,50	729,70	+ 3,03	+ 1,15	− 0,9	+ 8,4	926	+ 74	860	1000	18,9	13	NNW 1	5.0	1.00	0.0	8.5	+ 0.9	134.2
5	727,62	+ 0,72	726,96	728,70	+11,07	+ 9,31	+ 8,4	+13,0	834	− 19	650	1000	23,3	18	SSW. 2	18.0	1.00	0.0	8.4	+ 0.9	134.5
6	727,48	+ 0,54	722,00	729,78	+11,98	+10,33	+ 9,8	+17,0	776	− 78	680	970	0,8	2	SSW. 1	11.0	0.87	0.8	8.7	+ 1.3	136.0
7	728,52	+ 1,54	722,42	733,40	+ 6,60	+ 5,16	+ 3,5	+12,2	760	− 94	630	930	15,4	12	SSW. 1	13.5	0.85	1.2	8.6	+ 1.3	144.0
8	734,19	+ 7,17	733,13	735,10	+ 5,05	+ 3,62	+ 2,1	+ 8,2	817	− 38	670	1000	0,3	. .	NNE 1	15.0	0.22	6.7	7.4	+ 0.2	147.7
9	734,37	+ 7,31	733,83	734,90	+ 1,96	+ 0,64	− 1,3	+ 6,5	913	+ 57	810	980	. . .	. .	var.	2.5	0.63	5.0	. . .	. . . . .	148.0
10	735,19	+ 8,09	734,25	736,11	+ 1,30	+ 0,08	− 0,4	+ 3,1	895	+ 39	820	980	. . .	. .	var.	2.5	1.00	0.0	7.3	+ 0.2	146.5
11	735,37	+ 8,23	734,65	736,00	+ 1,02	− 0,10	− 0,7	+ 2,9	866	+ 9	790	920	. . .	. .	SSE. 1	2.5	1.00	0.0	7.5	+ 0.5	147.5
12	736,40	+ 9,22	735,67	737,17	− 0,53	− 1,55	− 1,8	+ 0,5	970	+112	930	1000	. . .	. .	calme	2.0	1.00	0.0	7.0	+ 0.1	149.5
13	735,25	+ 8,03	734,31	736,02	− 0,99	− 1,92	− 2,0	+ 0,5	969	+111	920	1000	. . .	. .	calme	0.0	1.00	0.0	7.0	+ 0.2	151.0
14	737,85	+10,59	735,77	739,25	− 0,15	− 1,09	− 2,2	+ 2,0	984	+125	930	1000	. . .	. .	calme	0.0	1.00	0.0	7.0	+ 0.3	150.5
15	738,04	+10,74	737,00	738,92	+ 0,76	+ 0,01	− 2,5	+ 3,8	966	+107	820	1000	. . .	. .	calme	1.5	0.80	0.0	7.4	+ 0.5	148.1
16	739,74	+12,40	738,33	740,35	− 0,64	− 1,31	− 2,9	+ 2,6	989	+129	960	1000	. . .	. .	calme	1.5	1.00	0.0	. . .	. . . . .	148.0
17	738,60	+11,23	737,70	739,54	+ 1,32	+ 0,73	− 1,3	+ 2,9	900	+ 40	820	980	. . .	. .	var.	3.0	1.00	0.0	7.3	+ 0.8	150.5
18	736,34	+ 8,93	734,92	737,67	− 1,49	− 2,00	− 3,0	− 0,8	959	+ 98	790	1000	. .	. .	var.	2.0	1.00	0.0	7.3	+ 0.9	149.0
19	735,79	+ 8,34	734,91	736,70	− 1,49	− 1,93	− 3,7	+ 1,2	987	+126	960	1000	. . .	. .	calme	0.0	1.00	0.0	7.0	+ 0.7	147.7
20	734,27	+ 6,79	732,20	736,30	− 0,45	− 0,52	− 1,7	+ 2,1	988	+126	960	1000	. . .	. .	var.	1.0	1.00	0.0	6.9	+ 0.7	147.5
21	731,32	+ 3,80	730,00	732,86	+ 2,71	+ 2,41	− 4,9	+ 7,8	851	− 11	680	1000	1,0	3	SSW, 1	6.9	0.87	0.0	7.1	+ 0.9	146.0
22	731,04	+ 3,48	727,40	733,20	+ 3,16	+ 2,92	− 0,1	+ 6,7	857	− 6	680	950	. . .	. .	calme	0.0	0.40	5.4	7.0	+ 0.9	148.5
23	725,99	− 1,60	724,50	727,40	+ 4,09	+ 3,91	+ 0,1	+ 7,2	910	+ 47	820	970	2,5	4	calme	1.1	1.00	1.7	. .	. . . . .	147.0
24	730,11	+ 2,49	727,23	733,80	+ 6,20	+ 6,08	+ 4,0	+10,0	879	+ 16	700	940	2,0	2	calme	0.5	0.73	4.0	7.2	+ 1.2	149.5
25	733,83	+ 6,48	733,35	735,03	+ 4,66	+ 4,59	− 0,3	+ 9,5	870	+ 6	710	970	. . .	. .	calme	0.2	0.12	5.2	.	. . . . .	145.0
26	731,87	+ 4,19	729,80	733,40	− 0,38	− 0,40	− 2,7	+ 5,4	999	+135	990	1000	. . .	. .	calme	0.8	1.00	0.8	6.9	+ 1.1	145.2
27	726,58	− 1,13	724,40	729,46	+ 2,97	+ 3,00	− 2,9	+10,8	880	+ 16	740	1000	0,2	. .	SSW. 1	3.8	0.88	1.4	6.9	+ 1.1	145.2
28	722,71	− 5,02	720,63	725,06	+ 7,24	+ 7,31	+ 4,8	+10,1	753	−112	670	900	8,4	9	SSW. 2	24.1	1.00	0.0	7.1	+ 1.4	144.0
29	724,84	− 2,92	724,12	725,59	+ 4,38	+ 4,49	+ 2,8	+ 7,9	736	−129	640	900	2,6	2	calme	9.6	1.00	0.3	7.0	+ 1.3	142.0
30	723,32	− 4,46	718,24	725,10	+ 5,75	+ 5,90	+ 3,1	+ 8,9	875	+ 10	760	950	1,0	1	calme	2.5	0.98	0.0	. . .	. . . .	142.0
31	715,72	−12,08	714,20	717,25	+ 5,44	+ 5,62	+ 3,8	+ 8,5	855	− 10	800	940	4.3	4	var.	5.2	0.97	0.0	7.2	+ 1.6	142.5
Mois	730,47	+ 2,51			+ 3,12	+ 2,32			888	+ 23						4.52	0.88		7.46	+0.85	144.41

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1900

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	726,88	727,07	727,62	728,61	728,07	728,21	728,60	728,62
2e »	736,73	736,76	737,02	737,50	736,58	736,28	736,60	736,65
3e »	727,58	727,25	727,12	727,56	726,77	726,51	726,74	726,72
Mois	730,31	730,26	730,48	731,11	730,35	730,21	730,52	730,54

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc.	+ 4,72	+ 4,35	+ 4,47	+ 5,17	+ 7,01	+ 6,09	+ 5,46	+ 5,00
2e »	— 0,73	— 0,82	— 1,09	— 0,46	+ 0,85	+ 0,79	+ 0,06	— 0,45
3e »	+ 2,80	+ 2,61	+ 2,52	+ 4,33	+ 6,68	+ 6,13	+ 4,74	+ 3,82
Mois	+ 2,28	+ 2,06	+ 1,98	+ 3,05	+ 4,91	+ 4,40	+ 3,46	+ 2,82

Fraction de saturation en millièmes.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
1re décade	871	873	872	854	799	814	833	863
2e »	981	984	980	954	910	912	968	973
3e »	905	936	928	851	760	799	836	867
Mois	919	931	927	885	821	840	878	900

	Therm. min.	Therm. max.	Temp. du Rhône.	Nébulosité moyenne.	Insolation. Durée en heures.	Chemin parcouru p. le vent.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		h.	kil. p. h.	mm	cm.
1re déc.	+ 3,10	+ 8,40	+ 8,25	0,86	13,7	7,25	59,6	139,04
2e »	— 2,18	+ 1,77	+ 7,12	0,98	0,0	1,35	0,0	148,93
3e »	+ 0,70	+ 8,44	+ 7,05	0,81	18,8	4,93	22,0	159,69
Mois	+ 0,55	+ 6,27	+ 7,46	0,88	32,5	4,52	81,6	144,41

Dans ce mois l'air a été calme 57,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NNE. à ceux du SSW. a été celui de 0,41 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 9°,6 W. et son intensité est égale à 15,4 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE DÉCEMBRE 1900.

Le 1er, brouillard à 7 h. du matin.

3, fraction de saturation 25 % à 7 h. du matin.

4, neige à 1 h. et à 4 h. du soir.

5, neige pendant tout le jour.

6, brouillard le matin jusqu'à 1 h. du soir; très forte bise jusqu'à 10 h. du matin et depuis 9 h. du soir.

7, très forte bise et neige pendant tout le jour; brouillard à 7 h. du soir.

Du 8 au 21 grande sécheresse de l'air avec température élevée et vent soufflant presque toujours du S.-W. Les principaux minima de la fraction de saturation sont donnés ci-après.

Le 8, brouillard à 7 h. du matin; forte bise jusqu'à 10 h. du matin. Fraction de saturation 22 %, à 3 h. ½ et 17 % 9 h. du soir.

9, Fraction de saturation: 5 % à 1 h. et 7 % à 9 h. du soir.

12, » » 11 % à 7 h. du matin, 12 % à 1 h., 14 % à 9 h. du soir.

13, » » 13 % à 7 h. du matin.

16, » » 21 % à 1 h. du soir.

17, » » 16 % à 9 h. du soir.

18, » » 19 % à 7 h. du matin, 20 % à 9 h. du soir,

20, fort vent depuis 4 h. du soir.

21, brouillard à 4 h. du soir.

23, brouillard à 10 h. du soir.

24, brouillard à 7 h. du matin, à 4 h. et à 7 h. du soir.

25, fraction de saturation : 18 % à 1 h. et 19 % à 9 h. du soir.

28, brouillard à 7 h. du matin; neige depuis 1 h. du soir; fort vent depuis 4 h. du soir.

29, brouillard et fort vent à 7 h. du matin; neige depuis 4 h. du soir.

30, fort vent à 7 h. du matin.

31, brouillard à 7 h. du matin; neige depuis 10 h. du matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 7 h. soir	552,98	Le 1 à minuit	550,90
8 à 10 h. soir	568,78	4 à 1 h. soir	564.32
17 à 10 h. matin	573,80	17 à 1 h. matin	573,30
23 à minuit	564,60	23 à 4 h. soir	561,37
25 à 11 h. soir	569,40	25 à minuit	567,80
31 à minuit	557,40	31 à 4 h. soir	551.44

SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1900

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum. observé au barographe	Baromètre. Maximum. observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum absolu.	Température C. Maximum absolu.	Fraction de saturation moyenne	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.						cm	mm			
1	552,42	— 9,53	550,90	552,98	— 6,03	+ 9,69	— 8,6	— 3,8	923	.....	.....	NE.	1	0,22
2	554,74	— 7,49	553,40	557,40	— 7,65	— 0,85	— 9,2	— 1,3	837	.....	...	SW.	1	0,43
3	560,37	— 1,54	558,20	562,70	—10,30	— 3,42	—11,3	+ 6,8	747	.....	.....	SW.	1	0,02
4	564,17	+ 2,28	563,00	565,07	— 3,36	+ 3,60	—10,0	+ 0,7	653	48	40,0	NE.	1	0,67
5	564,70	+ 2,83	564,32	565,10	— 2,05	+ 4,99	— 2,0	+ 2,7	920	32	26,0	NE.	1	1,00
6	564,43	+ 2,58	560,80	565,16	— 2,41	+ 4,71	— 4,2	+ 0,4	817	8	8,6	NE.	1	0,58
7	560,51	— 1,31	557,80	564,00	— 8,65	— 1,44	— 9,2	— 3,0	930	25	22,0	NE.	3	1,00
8	566,71	+ 4,91	563,70	568,78	— 7,08	+ 0,21	—10,8	— 3,6	537	.....	.....	NE.	1	0,23
9	568,99	+ 7,21	568,78	569,23	— 1,18	+ 6,19	— 4,6	+ 0,7	770	.....	.....	NE.	1	0,00
10	568,98	+ 7,22	568,88	569,32	— 1,98	+ 5,46	— 3,5	— 0,2	183	.....	... ..	NE.	1	0,12
11	569,40	+ 7,66	568,94	570,50	— 2,80	+ 4,71	— 3,7	— 0,8	423	.....	.....	NE.	1	0,10
12	571,36	+ 9,64	570,60	571,94	+ 0,09	+ 7,67	— 3,0	+ 4,0	123	... .	... .	SW.	1	0,00
13	570,57	+ 8,87	570,08	571,30	— 0,33	+ 7,32	— 2,6	+ 3,7	190	.....	.....	SW.	1	0,13
14	579,33	+ 9,65	570,20	572,63	— 4,05	+ 3,67	— 4,9	— 1,7	427	.....	.....	NE.	1	0,07
15	572,15	+ 10,49	571,65	572,70	— 2,30	+ 5,48	— 4,0	+ 1,5	373	.. ..	.....	NE.	1	0,08
16	572,50	+ 10,86	571,96	573,20	— 2,28	+ 5,56	— 4,8	+ 0,4	363	.....	.....	SW.	1	0,03
17	573,50	+ 11,87	573,30	573,80	+ 0,54	+ 8,44	— 1,9	+ 4,2	247	. ..	...	SW.	1	0,02
18	571,77	+ 10,16	570,30	573,20	— 1,60	+ 6,36	— 3,0	+ 1,0	223	...	....	SW.	1	0,10
19	569,48	+ 7,89	569,11	570,20	— 5,86	+ 2,16	— 6,3	— 1,6	380	.....	.	SW.	1	0,15
20	569,22	+ 7,65	568,60	569,82	— 4,95	+ 3,13	— 5,0	+ 3,0	427	.....	. . .	SW.	2	0,00
21	566,48	+ 4,92	565,63	568,50	— 6,01	+ 2,12	— 7,0	— 1,2	547	.....	.. .	var.		0,45
22	565,47	+ 3,92	564,50	566,42	— 7,86	+ 0,32	— 9,8	— 4,5	447	.....	.....	SW.	1	0,13
23	562,60	+ 1,07	561,37	564,60	— 5,85	+ 2,38	— 9,4	— 3,2	910	.. ..	.....	SW.	1	0,42
24	564,72	+ 3,21	562,50	567,60	— 6,25	+ 2,03	— 7,1	— 4,8	813	.. ..	.....	SW.	1	0,63
25	568,60	+ 7,11	567,80	569,40	— 2,70	+ 5,63	— 6,8	+ 0,1	237	.....	.....	NE.	1	0,03
26	568,07	+ 6,60	565,60	569,30	— 1,48	+ 6,89	— 1,9	+ 1,1	423	.....	.....	NE.	1	0,20
27	563,15	+ 1,69	561,50	565,50	4,86	+ 3,55	— 6,3	— 1,3	653	.....	....	SW.	1	0,15
28	559,03	— 2,41	557,17	561,40	— 6,90	+ 1,55	—10,0	— 2,7	843	15	13,0	SW.	2	0,97
29	558,01	— 3,41	557,60	558,46	—10,81	— 2,32	—12,1	— 7,2	877	16	7,0	SW.	1	0,92
30	559,55	— 1,85	558,30	560,40	— 4,81	+ 3,72	— 8,0	— 2,6	657	.....	.. ..	NE.	1	0,20
31	553,17	— 8,21	551,44	557,40	— 9,11	— 0,54	— 9,3	— 2,8	877	16	15,0	NE.	1	1,00
Mois	565,36	+ 3,04			— 4,54	+ 3,05			551					0,32

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1900

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	561,64	561,84	562,13	562,70	562,65	562,98	563,40	563,49
2e » ...	571,21	571,11	571,04	571,43	571,04	570,92	571,09	571,19
3e » ...	563,50	563,04	562,75	562,91	562,25	562,14	562,29	562,12
Mois	565,39	565,25	565,22	565,59	565,22	565,24	565,49	565,48

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	°	°	°	°	°	°
1re décade...	— 5,64	— 4,52	— 3,12	— 4,19	— 4,52	— 4,94
2e » ...	— 2,64	— 1,86	+ 0,23	— 1,45	— 1,99	— 2,93
3e » ...	— 6,42	— 4,91	— 4,14	— 5,19	— 6,03	— 6,19
Mois....	— 4,95	— 3,80	— 2,40	— 3,66	— 4,24	— 4,74

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée
	°	°		mm	cm
1re décade...	— 7,34	— 1,42	0,43	96,6	113
2e » ...	— 3,92	+ 1,37	0,07	—	—
3e » ...	— 7,97	— 2,65	0,46	35,0	470
Mois ...	— 6,46	— 0,95	0,32	131,6	160

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SW a été celui de 1,13 à 1,00

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 7,0 sur 100.

SYNTHÈSE PARTIELLE

DE LA

LAUDANOSINE

PAR

Amé PICTET et Basile ATHANASESCO

L'étude des nombreux alcaloïdes qui se trouvent dans l'opium a montré qu'il existe entre eux d'étroites parentés chimiques. Plusieurs présentent, dans leur composition, des relations d'homologie; les colorations qu'ils donnent avec les réactifs usuels des alcaloïdes sont souvent fort semblables; certains de leurs produits de décomposition, et surtout d'oxydation, sont les mêmes; enfin il a été possible, à deux reprises différentes, de passer de l'un de ces alcaloïdes à un autre au moyen de réactions simples : Grimaux[1] a montré en 1881 que la codéine prend naissance par méthylation de la morphine; quelques années plus tard (1888), M. Roser[2] a réussi à obtenir la narcéine en chauffant l'iodométhylate de narcotine avec un alcali.

Ces deux dernières transformations ont eu pour résultat, non seulement d'établir exactement les rapports qui existent entre ces composés au point de vue de leur constitution chimique, mais encore de fournir un moyen d'obtenir en plus grande quantité et à plus

[1] *Comptes rendus*, **92**, 1140 et 1228.
[2] *Annalen der Chemie*, **247**, 167.

bas prix deux alcaloïdes employés en thérapeutique et qui ne se trouvent dans l'opium qu'en proportion relativement faible. Les procédés de préparation de la codéine et de la narcéine à partir de la morphine et de la narcotine ont, en effet, été brevetés et utilisés industriellement.

Nous nous sommes proposé de rechercher les relations de ce genre qui pourraient exister entre d'autres principes de l'opium, et nous avons fait porter nos recherches en premier lieu sur la *laudanosine*. Celle-ci semblait, par l'ensemble de ses propriétés physiques et chimiques, se rapprocher de la papavérine : il nous a paru d'autant plus intéressant de fixer expérimentalement ces rapports et de préparer, si possible, la laudanosine à partir de la papavérine, que celle-ci est en même temps l'une des trois bases les plus abondantes dans la drogue et la seule, pour le moment, dont la constitution soit entièrement connue, grâce aux beaux travaux de M. Goldschmiedt[1].

La laudanosine a été découverte en 1872 par M. O. Hesse[2] ; elle a la formule $C_{21}H_{27}NO_4$ et cristallise en aiguilles fusibles à 89°, insolubles dans l'eau et dans les alcalis, peu solubles dans le benzène et dans la ligroïne, facilement solubles dans l'alcool, l'éther, l'acétone et le chloroforme. Elle possède une saveur amère et une réaction très alcaline. Elle dévie à droite le plan de polarisation ; M. Hesse[3] a trouvé son pouvoir rotatoire,

[1] *Monatshefte*, tomes **4** à **10**.
[2] *Annalen der Chemie*, Suppl. **8**, 321.
[3] *Ibidem*, **176**, 202.

pour sa solution alcoolique à 2 %, et pour la température de 22,5°, égal à + 105°.

L'acide sulfurique concentré dissout la laudanosine avec une coloration rose pâle qui, lorsqu'on chauffe, passe d'abord au vert pâle, puis au violet foncé. C'est la seule réaction colorée que l'on trouve indiquée pour cet alcaloïde ; les autres réactifs usuels ne semblent pas avoir été expérimentés.

D'après M. Hesse[1], la laudanosine renfermerait 4 groupes méthoxyle.

Vu sa rareté, cet alcaloïde n'a été étudié que d'une manière très incomplète au point de vue de ses propriétés physiologiques. Il n'existe à ce sujet que deux observations très sommaires, publiées par MM. Wortmann[2] et Falck[3]. Ces deux auteurs ont constaté son action toxique sur les lapins, dont la pression artérielle s'abaisse et qui meurent rapidement dans des crises convulsives tétaniformes.

C'est à ces quelques données que se borne tout ce que l'on savait jusqu'ici de la laudanosine : aucun essai n'avait encore été fait, en particulier, pour déterminer sa constitution chimique.

Par ses caractères physiques et chimiques, sa réaction avec l'acide sulfurique, sa composition, ses quatre méthoxyles, la laudanosine se rapproche, nous l'avons dit, de la papavérine. Si l'on compare les formules brutes des deux alcaloïdes :

Papavérine	$C_{20}H_{21}NO_4$
Laudanosine	$C_{21}H_{27}NO_4$.

[1] *Annalen der Chemie*, **282**, 213.

[2] Beitrag zur Kenntniss der Wirkung des Laudanosins, Marburg 1874.

[3] *Leipzig. physiol. Arbeit.* (1875) **11**, 25.

on voit que le second diffère du premier par un atome de carbone et 6 atomes d'hydrogène en plus. Il était donc possible que la laudanosine fût une papavérine méthylée et trihydrogénée. Or, la formule constitutionnelle de la papavérine, établie par M. Goldschmiedt, permet de concevoir un dérivé de cette nature. D'après cet auteur, la papavérine est une tétraméthoxybenzylisoquinoléine de la structure suivante :

H
C — CH
CH_3O — N
CH_3O — C
CH_2
OCH_3
OCH_3

Un composé de cette formule est susceptible de fixer, par l'intermédiaire de son noyau pyridique, un groupe méthyle et trois atomes d'hydrogène. La N-méthyltétrahydropapavérine qui prendrait ainsi naissance

H_2
C
CH_3O — CH_2
CH_3O — N — CH_3
CH
CH_2
OCH_3
OCH_3

aurait la même composition centésimale que la lauda-

nosine; serait-elle identique avec elle, c'est ce qu'il nous a paru intéressant d'examiner.

Nous avons préparé la méthyltetrahydropapaverine à partir de la papavérine par réduction de son chlorométhylate. La base ainsi obtenue montra, dans toutes ses propriétés chimiques, les plus grandes ressemblances avec la laudanosine; mise en présence des réactifs habituels des alcaloïdes, elle fournit, en particulier, des colorations absolument identiques. Ses caractères *physiques*, par contre, présentaient de notables divergences. Mais ce dernier fait ne pouvait nous surprendre outre mesure: en effet, la laudanosine naturelle est un corps actif à la lumière polarisée; la papavérine, au contraire, ne l'est pas, ce qui cadre avec la formule de Goldschmiedt, laquelle ne renferme aucun atome de carbone asymétrique. En réduisant la papavérine, ou son chlorométhylate, nous ne pouvions donc en aucun cas obtenir une base active. En revanche, le produit de réduction devait posséder un carbone asymétrique: il était donc possible qu'il représentât la *forme racémique de la laudanosine* et qu'il put être dédoublé en deux modifications actives dont la droite serait en tous points identique à l'alcaloïde de l'opium.

Nous avons donc procédé à des essais de dédoublement de la méthylhydropapavérine, essais qui, longtemps infructueux, finirent cependant par donner le résultat cherché. Nous obtînmes deux bases, fusibles toutes deux à 89° et déviant le plan de polarisation, l'une à gauche, l'autre à droite, de la même quantité, laquelle se trouva être aussi celle qu'indique M. Hesse pour la laudanosine naturelle.

Il est donc établi par ces essais que la laudanosine

de l'opium est la *N-méthyltétrahydropapavérine droite* et qu'elle possède la constitution exprimée par la formule que nous avons donnée plus haut.

Voici maintenant le détail de nos expériences :

N-Méthyltétrahydropapavérine.

(Laudanosine racémique.)

20 gr. de papavérine sont dissous dans une faible quantité d'alcool méthylique et la solution chauffée au bain-marie dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant. On ajoute par petites portions 9 gr. d'iodure de méthyle et l'on maintient à l'ébullition pendant trois heures. L'iodométhylate de papavérine se dépose par refroidissement en aiguilles jaune clair ; on le fait recristalliser dans une quantité d'eau bouillante aussi faible que possible. Il fond à 65°.

3,5 gr. de nitrate d'argent sont d'autre part transformés en chlorure et celui-ci lavé par décantation à l'eau distillée. On l'introduit alors dans la solution aqueuse de 10 gr. de l'iodométhylate et on agite fortement pendant quelques minutes, sans chauffer ; puis on filtre et on évapore à siccité. Le chlorométhylate de papavérine reste sous la forme d'un vernis jaune pâle. On le redissout dans de l'acide chlorhydrique concentré et on chauffe la solution un quart d'heure sur le bain-marie après y avoir introduit un excès d'étain granulé. On sépare par décantation le liquide encore chaud de l'étain non attaqué et on laisse refroidir. Le chlorostannate de méthylhydropapavérine se dépose presque entièrement en longues aiguilles blanches. On le redissout dans l'eau chaude et on le décompose par l'hy-

drogène sulfuré, puis on filtre et on sursature par la soude. La base se dépose en quelques heures sous la forme d'un précipité floconneux plus ou moins coloré en jaune. On la purifie par cristallisation dans l'alcool étendu ou dans l'éther de pétrole. Rendement : 50-60 % de la quantité théorique.

La méthyltétrahydropapavérine forme de longues aiguilles blanches fusibles à 115° ; elle est insoluble dans l'eau froide et un peu soluble dans l'eau bouillante, qui l'abandonne en belles aiguilles. Elle se dissout très facilement dans le chloroforme, facilement dans l'acétone, le benzène, l'acide et l'éther acétiques, assez bien dans l'alcool, fort peu dans l'éther de pétrole. Elle est insoluble dans les alcalis. Sa solution alcoolique possède une saveur amère et une réaction fortement alcaline ; elle est inactive à la lumière polarisée.

Son analyse a donné les chiffres suivants :

	Trouvé		Calculé pour
	I	II	$C_{21}H_{27}NO_4$
C	70,34 %	70,39 %	70,59 %
H	7,64	7,73	7,56
N	4,08	—	3,92

Sels de méthyltétrahydropapavérine.

Chlorhydrate. — Lorsqu'on évapore une solution de la base dans l'acide chlorhydrique, on obtient un résidu gommeux très hygroscopique. Mis dans le dessicateur, celui-ci cristallise lentement et se transforme en une poudre blanche fusible à 123°. Ce sel est déliquescent à l'air, extrêmement soluble dans l'eau, l'alcool et le chloroforme, insoluble dans l'éther et dans la ligroïne.

Ce même sel prend naissance lorsqu'on fait passer un courant de gaz chlorhydrique sec dans une solution éthérée de la base ; il se sépare sous la forme de flocons cristallins, mais ceux-ci se liquéfient immédiatement à l'air dès qu'on veut les filtrer.

Sulfate. — En ajoutant de l'acide sulfurique concentré à la solution éthérée de la base, on obtient également un précipité blanc du sulfate, mais celui-ci se laisse aussi peu isoler que le chlorhydrate, à cause de ses propriétés hygroscopiques.

Picrate. — On le prépare en dissolvant la base à chaud dans une solution alcoolique saturée d'acide picrique ; par refroidissement cristallisent de larges tables transparentes, qui fondent à 174°.

	Trouvé.	Calculé pour $C_{21}H_{27}NO_4 . C_6H_2(OH)(NO_2)_3$
C	55,39 %	55,29 %
H	5,11	5,12

Chloroplatinate. — Le chlorure de platine donne dans la solution du chlorhydrate un précipité jaune. Redissous dans l'eau chaude, celui-ci se dépose en flocons qui apparaissent sous le microscope comme formés de très petits cristaux arrondis et brillants, réunis en chaînes. Il ne contient pas d'eau de cristallisation et fond à 160° en se décomposant.

	Trouvé.	Calculé pour $(C_{21}H_{27}NO_4 . HCl)_2PtCl_4$
Pt	17,43 %	17.34 %

Chloromercurate. — Le sublimé précipite en blanc la solution du chlorhydrate. Le sel, recristallisé dans l'eau bouillante, est formé de petites sphères. Point de fusion 172°.

Iodométhylate. — Nous l'avons préparé en chauffant pendant 3-4 heures au bain-marie une solution de la base dans l'alcool méthylique avec la quantité équimoléculaire d'iodure de méthyle. Le produit se dépose par refroidissement en petits cristaux jaune pâle. En le faisant recristalliser dans l'alcool éthylique, on obtient de gros cristaux incolores, fusibles à 215-217°, solubles dans l'eau chaude, l'alcool et le chloroforme, insolubles dans le benzène et dans l'éther de pétrole.

	Trouvé.	Calculé pour $C_{20}H_{27}NO_4 . CH_3I$
I	25,08 %	25,38 %

Iodéthylate. — Préparé d'une manière semblable il forme de beaux cristaux, fusibles à 202-203° et se comportant de la même façon vis-à-vis des principaux dissolvants.

Réactions colorées de la méthylhydropapavérine.

La méthylhydropapavérine fournit avec quelques réactifs des alcaloïdes des colorations très intenses et caractéristiques. Nous les avons comparées, d'un côté avec celles de la papavérine, de l'autre avec celles de la laudanosine naturelle. Le tableau suivant résume ces observations :

	Papavérine	Methyltétrahydro-papavérine	Laudanosine
Acide sulfurique concentré	Pas de coloration à froid. La solution devient rose violacé pâle à 110°, puis fonce lentement. Elle est violet foncé à 200°.	A froid, coloration rose pâle. Celle-ci diminue d'intensité à mesure que l'on chauffe. A 100° elle a disparu, puis elle passe au gris un peu verdâtre. A 130° elle vire au violet, puis fonce. A 200° elle est d'un violet sale très foncé.	Phénomènes identiques en ce qui concerne soit les nuances, soit les températures auxquelles elles changent.
Réactif de Fröhde (molybdate de soude dans l'acide sulfurique concentré.)	Pas de coloration.	Coloration rose, passant successivement au violet, puis au brun.	Idem.
Réactif de Mandelin (vanadate d'ammoniaque dans l'acide sulfurique concentré).	Pas de coloration.	Coloration brun rouge puis brun clair.	Idem.
Réactif de Lafon (sélénite d'ammoniaque dans l'acide sulfurique concentré).	Coloration vert jaunâtre, passant au vert foncé, puis au bleu violet.	Coloration pourpre, puis brun rouge.	Idem.

Dédoublement de la méthylhydropapavérine.

Nous avons cherché à dédoubler la méthylhydropapavérine en ses deux modifications optiquement actives, en la combinant à un acide actif. Nous avons employé successivement les acides tartrique, dibenzoyltartrique, camphorique et quinique.

Ce dernier seul nous a donné un résultat positif[1] :

[1] M. le prof. Chodat a bien voulu faire aussi quelques essais de dédoublement au moyen du *Penicillum glaucum* et de *l'Aspergillus niger*, mais ces essais n'ont pas abouti.

4,25 gr. de méthylhydropapavérine et 2,29 gr. d'acide quinique sont dissous à chaud dans le moins d'alcool possible. Par refroidissement il se dépose un sel blanc, formé de petites aiguilles groupées concentriquement, et dont le poids correspond à peu près au tiers de celui de la substance primitivement dissoute. Ce sel est très soluble dans l'eau, l'alcool et le chloroforme, insoluble dans l'éther et dans le benzène. On peut le faire recristalliser dans un mélange à volumes égaux de benzène et de chloroforme. Son point de fusion est situé à 120°.

Ce corps est le quinate de *laudanosine gauche*. Décomposé par un alcali, il fournit une base que l'on peut purifier par cristallisation dans l'éther de pétrole. Cette base fond à 89°, comme la laudanosine de l'opium, mais elle dévie fortement à gauche le plan de polarisation :

0,2026 gr. de substance, dissous dans 10 cmc. d'alcool à 97 %, ont donné pour une longueur de 100 mm. et une température de 16°, une déviation α de — 1,96°, ce qui correspond à un pouvoir rotatoire $[\alpha]_D$ de — 96,74°.

Les eaux-mères alcooliques de ce premier quinate, additionnées d'éther, laissent déposer encore une petite quantité du même sel. Quand le précipité n'augmente plus, on filtre et évapore à siccité. On obtient un résidu sirupeux, jaune pâle, que nous n'avons pu réussir à faire cristalliser. Ce second sel, qui se différencie nettement du premier, par sa nature amorphe et sa solubilité dans l'éther, est le quinate de *laudanosine droite*. Traité par la soude, il donne une base qui fond, comme la précédente, à 89°, mais qui est dextrogyre :

0,3338 de substance, dissous dans 15 cmc. d'alcool, ont donné pour $l = 100$ et $t = 18°$:

$$\alpha = + 2{,}02°, \text{ d'où } [\alpha]_D = + 90{,}77°$$

Hesse indique pour le pouvoir rotatoire de la laudanosine de l'opium les valeurs :

$$[\alpha]_D = + 103{,}23° \text{ et } + 105{,}00°$$

Nous avons observé nous-même sur un échantillon provenant de la maison E. Merck, à Darmstadt, la valeur suivante :

0,2446 gr. de substance, dissous dans 15 cmc. d'alcool, ont donné pour $l = 100$ et $t = 16°$:

$$\alpha = + 1{,}73°, \text{ d'où } [\alpha]_D = + 106{,}09°.$$

Ce dernier chiffre est légèrement supérieur à ceux que nous ont fourni les produits de dédoublement de la méthylhydropapavérine. D'autres essais (nous avons traité en tout 15 gr. de base inactive) ayant donné des résultats semblables, nous nous sommes décidés à réunir, d'une part tous les produits lévogyres, de l'autre tous les produits dextrogyres, et à les combiner de nouveau, chacun de leur côté, à l'acide quinique, de manière à en éloigner les dernières traces de racémique qu'ils pouvaient encore contenir.

Cela réussit fort bien en ce qui concerne la base gauche. Après l'avoir redissoute dans l'alcool bouillant, avec la quantité calculée d'acide quinique, nous obtînmes un sel en très beaux cristaux. Mise en liberté par la soude, la base fournit à l'examen polarimétrique les chiffres suivants :

0,2988 gr. de substance, dissous dans 10 cmc. d'alcool, ont donné pour $l = 100$ et $t = 15°$:

$$\alpha = - 3{,}15°, \text{ soit } [\alpha]_D = - 105{,}42°$$

Ce dernier chiffre coïncide exactement, au signe près, avec celui qui exprime le pouvoir rotatoire de la laudanosine naturelle.

Pour la base droite, il ne nous a pas été possible, vu les propriétés moins favorables de son quinate, d'arriver à un aussi bon résultat. Après avoir dissous ce quinate dans l'alcool, nous avons cherché à en éloigner les dernières traces du sel gauche par addition d'éther. Mais ce procédé ne pouvait conduire à une purification complète. Le pouvoir rotatoire de la base s'est montré après ce traitement un peu supérieur, il est vrai, à ce qu'il était auparavant, mais il est resté encore de 7 au-dessous de celui de l'alcaloïde naturel :

0,1864 gr. de substance, dissous dans 10 cmc. d'alcool, ont donné pour $l = 100$ et $t = 15°$:

$$\alpha = + 1{,}84°, \text{ soit } [\alpha]_D = + 98{,}71°$$

Malgré cette légère différence, nous croyons pouvoir considérer la *méthyltétrahydropapavérine droite comme identique à la laudanosine de l'opium*. Un examen comparatif des autres propriétés des deux bases et de leurs sels ne nous a révélé, en effet, aucune différence quelconque. L'identité des deux corps ressort, du reste, de l'expérience suivante.

Régénération de la méthylhydropapavérine inactive par combinaison des laudanosines droite et gauche.

0,05 gr. de laudanosine naturelle et 0,05 gr. de méthylhydropapavérine gauche, fusibles toutes deux à 89°, ont été dissoutes dans de l'alcool. Les deux solutions ont été mélangées, puis additionnées d'eau : il s'est précipité un corps cristallin, du poids de 0,07 gr.

Ce corps s'est montré identique par son point de fusion (115°) et par ses autres propriétés, ainsi que par le point de fusion de son picrate (174°), à la méthylhydropapavérine inactive.

Propriétés physiologiques de la méthylhydropapavérine.

M. le Dr Alexis Babel, assistant au laboratoire de thérapeutique générale de notre Université, a bien voulu étudier l'action physiologique de la laudanosine racémique sur les animaux. Il était intéressant, en effet, de déterminer cette action, soit pour la comparer à celle de la papavérine, et établir ainsi les modifications apportées par l'introduction de trois atomes d'hydrogène et d'un groupe méthyle dans la molécule, soit pour s'assurer de la possibilité d'un emploi du nouvel alcaloïde en thérapeutique.

M. Babel s'est livré à une étude approfondie de la question. Il en a publié ailleurs[1] les résultats détaillés. Nous nous bornerons ici à reproduire ses principales conclusions :

On sait que la papavérine possède une action hypnotique et une action convulsivante, mais toutes deux assez faibles. Comme narcotique, elle agit beaucoup moins énergiquement que la morphine et ne présente sur elle aucun avantage marqué, c'est pourquoi elle n'a été que fort rarement employée en thérapeutique. Elle est, en outre, relativement peu toxique.

La laudanosine racémique l'est beaucoup plus; sa toxicité se rapproche, du moins pour le lapin et le

[1] *Revue médicale de la Suisse romande*, **19**, 657.

cobaye, de celle de la thébaïne. M. Babel a trouvé la dose toxique pour 1 kg de ces deux animaux égale à 0,021 gr., ce qui place la laudanosine à ce point de vue entre la thébaïne et la codéine.

Thébaïne.....	0,013 gr.
Laudanosine..	0,021
Codéine......	0,062
Papavérine...	0,070

La laudanosine racémique a une *action convulsivante* beaucoup plus forte que la papavérine. Elle provoque des crises tétaniformes analogues à celles que produisent la thébaïne et la strychnine.

M. Babel attribue l'augmentation de la toxicité aux atomes d'hydrogène d'addition, et celle de l'action convulsivante au groupe méthyle lié à l'azote.

Quant à l'*action hypnotique* de la papavérine, elle fait presque entièrement défaut à la laudanosine.

Cette dernière ralentit, en outre, l'activité cardiaque, surtout à partir de la période de l'intoxication caractérisée par les crises convulsives. Elle active la respiration. L'excitabilité du cerveau et de la moelle est augmentée. L'animal à sang chaud succombe à l'asphyxie.

Les résultats de ces expériences sur les animaux n'ont pas paru justifier, pour le moment, des essais au sujet de la valeur éventuelle de la laudanosine comme agent thérapeutique.

SUR LES

PEROXYDES SUPÉRIEURS D'HYDROGÈNE

PAR

A. BACH

Le travail que j'ai publié récemment[1] sur les peroxydes supérieurs d'hydrogène m'a valu, de la part de M. Armstrong[2] et de MM. Baeyer et Villiger[3], des critiques qui tendent à révoquer en doute l'existence des peroxydes en question.

Qu'il me soit permis de répondre brièvement aux objections soulevées par ces chimistes et de décrire en en même temps des expériences qui apportent une nouvelle preuve à l'appui de ma manière de voir.

M. Armstrong affirme que l'acide Caro analysé par moi et préparé par la méthode de Baeyer aurait été un mélange d'acide persulfurique et de peroxyde d'hydrogène. Lors du titrage par le permanganate de potasse, le peroxyde d'hydrogène aurait réagi avec celui-ci comme à l'ordinaire, tandis que l'acide persulfurique aurait subi une décomposition catalytique et

[1] *Archives*, t. X, juillet 1900.

[2] *Berichte d. d. Chem. Ges.*, 1900, p. 2491

[3] *Procedings of the Chem. Soc.*, août 1900.

fourni l'excédent d'oxygène dont j'avais constaté la présence.

Pour expliquer les résultats de mes expériences avec les solutions de peroxyde d'hydrogène résultant de la décomposition du tetroxyde de potassium et du bioxyde de sodium par l'acide sulfurique normal et fortement refroidi, M. Armstrong prétend qu'il se forme, dans ce cas aussi, de l'acide persulfurique par suite de l'action de l'acide sulfurique étendu sur le peroxyde d'hydrogène.

L'objection relative à l'acide Caro se confond avec la critique de MM. Baeyer et Villiger qui sera discutée plus loin. Quant à l'autre objection, je crois que M. Armstrong se serait abstenu de la formuler, s'il avait lu plus attentivement mon mémoire. J'y décris, en effet, plusieurs séries d'expériences instituées précisément avec de l'acide sulfurique normal et du peroxyde d'hydrogène et qui avaient pour but de vérifier l'exactitude de ma méthode d'analyse. Dans ces expériences, j'ai trouvé que, lors du titrage par le permanganate de potasse, les solutions de peroxyde d'hydrogène dans l'acide sulfurique normal dégageaient des quantités d'oxygène qui se rapprochaient de la théorie tout en y étant toujours inférieures. *Dans aucun cas, le volume d'oxygène mis en liberté n'a atteint, et encore moins dépassé le volume théorique*. Si la supposition de M. Armstrong était vraie, c'est-à-dire, si l'acide sulfurique normal et le peroxyde d'hydrogène pouvaient engendrer des quantités appréciables d'acide persulfurique, j'aurais dû trouver, dans ces expériences, le même *excédent d'oxygène* que dans celles avec les solutions de peroxyde d'hydrogène résultant de la décom-

position du tétroxyde de potassium par l'acide sulfurique normal. Dans ce dernier cas, la formation d'acide persulfurique était d'autant moins probable que, par suite de la neutralisation d'une portion très considérable de l'acide normal par la base du tétroxyde de potassium, la solution acide était encore plus étendue que dans mes expériences de contrôle.

Contre mes expériences avec l'acide Caro, MM. Baeyer et Villiger soulèvent la même objection que M. Armstrong, c'est-à-dire, que j'avais affaire à un mélange de cet acide et de bioxyde d'hydrogène. L'excédent d'oxygène que j'avais trouvé lors du titrage par le permanganate de potasse serait dû, non pas à une réaction nette entre le permanganate de potasse et l'acide Caro, mais à une décomposition catalytique de celui-ci. Cette décomposition catalytique, MM. Baeyer et Villiger l'ont démontrée par une expérience spéciale. Voici comment ils ont opéré :

Des portions de 10 centimètres cubes d'une solution acidulée de permanganate de potasse, qui auraient dégagé avec du bioxyde d'hydrogène exactement 10 centimètres cubes d'oxygène ont été additionnées d'acide Caro étendu et *toujours en grand excès* (acide Caro : $KMnO^4$ = 4 : 1 ; 10 : 1 ; 4 : 1 ; 6 : 1), les mélanges ont été agités, et l'oxygène dégagé a été recueilli et mesuré. De cette manière, MM. Baeyer et Villiger ont obtenu 26 c. c. 44 à 0°,35 c. c. 61 à 18° et 46 c. c. 35 d'oxygène à 34°, au lieu de 10 centimètres cubes qu'aurait dû fournir le permanganate employé avec du bioxyde d'hydrogène, c'est-à-dire non plus 2 fois la quantité théorique, comme l'exige ma thèse, mais 2,6, 3,5, et 4,6 fois cette quantité. *La réaction*

entre l'acide Caro et le permanganate de potasse s'est accomplie en un espace de temps qui variait de 15 à 20 minutes.

L'argument que MM. Baeyer et Villiger tirent de cette expérience contre ma thèse serait irréfutable, si *l'acide Caro ne réduisait pas le permanganate de potasse.* En effet, il serait alors évident que dans mon expérience avec l'acide préparé avec le bioxyde d'hydrogène et l'acide sulfurique concentré, la substance qui réduisait le permanganate, était simplement ce peroxyde, tandis que l'excédent d'oxygène que j'ai trouvé provenait de la décomposition catalytique de l'acide Caro. Mais, comme cet acide agit sur le permanganate de potasse, l'expérience de Baeyer et Villiger peut tout aussi bien être interprétée dans le sens de ma thèse, à savoir : qu'une portion de l'acide Caro, équivalente au permanganate employé, a réagi avec celui-ci pour fournir le double (20 centimètres cubes) du volume théorique de l'oxygène, tandis que l'acide employé en excès a dégagé, sous l'influence du sulfate de manganèse formé, de nouvelles quantités d'oxygène.

De même, dans mon expérience avec l'acide Caro préparé avec le peroxyde d'hydrogène et l'acide sulfurique concentré, le peracide formé a pu agir sur le permanganate en même temps que le bioxyde d'hydrogène qui n'était pas entré en réaction. Si, dans ce cas, je n'ai obtenu que 1.7 fois au lieu de 2 fois le volume théorique d'oxygène, cela pouvait tenir à ce que la présence de bioxyde d'hydrogène a abaissé la quantité *relative* d'oxygène dégagé par le peroxyde supérieur lors du tirage.

Pour infirmer l'interprétation que je donne de mes

expériences, MM. Baeyer et Villiger auraient dû prouver que l'acide Caro (acide monopersulfurique $HO^3S - OOH$, d'après leur nomenclature) traité *exactement* par son équivalent de permanganate de potasse (acide Caro : $KMnO^4$ = 1 : 1) ne fournit que simplement le volume théorique d'oxygène. Mais même alors, la question n'aurait pas encore été complètement vidée. Car MM. Bæyer et Villiger ont toujours opéré sur l'acide *étendu*, tandis que j'ai titré directement le produit *non étendu*. Or, ainsi qu'on va le voir, l'acide Caro se comporte avec le permanganate différemment, suivant qu'il est étendu d'eau ou non.

MM. Baeyer et Villiger[1] ont commencé par affirmer que l'acide Caro exempt de bioxyde d'hydrogène et préparé avec du persulfate de potasse et de l'acide sulfurique concentré, est sans action aucune sur le permanganate de potasse. Plus tard, ils ont reconnu que l'action se produisait, quoique lentement, et ils ont cherché à l'expliquer par l'influence du sulfate de manganèse, qui serait simultanément oxydé par l'acide Caro et le permanganate de potasse. Quoiqu'il en soit, en faisant agir une solution de permanganate de potasse sur l'acide Caro non étendu (préparé avec du persulfate de potasse et de l'acide sulfurique pur et concentré) j'ai constaté une réduction très énergique avec dégagement d'oxygène. J'ai d'abord cherché à expliquer ce phénomène en admettant que, sous l'influence de l'élévation considérable de la température du mélange, l'acide Caro subissait une hydrolyse avec formation d'acide sulfurique et de bioxyde d'hydrogène et que ce

[1] *Berichte*, t. 33, p. 1569.

dernier agissait sur le permanganate de potasse de la manière que l'on sait. Mais il s'est trouvé bientôt que le permanganate de potasse *sec* était réduit par l'acide Caro, — avec formation passagère d'une solution verte — tout aussi rapidement que sa solution aqueuse.

La substance verte ne pouvait être que l'anhydride permanganique et il m'a paru intéressant d'étudier cette réaction de plus près et de l'utiliser, si possible, pour des expériences quantitatives.

L'anhydride permanganique, préparé en faisant agir de l'acide sulfurique pur et concentré sur du permanganate de potasse sec, est attaqué presque instantanément par l'acide Caro non étendu : il y a réduction simultanée des deux composés avec dégagement d'oxygène. Si l'anhydride permanganique est dissous dans une quantité suffisante d'acide sulfurique concentré, le titrage de l'acide Caro au moyen de la solution ainsi obtenue peut se faire avec la plus grande facilité.

Pour les recherches quantitatives, les solutions suivantes ont été préparées : 1 gramme de permanganate de potasse pur, sec et réduit en une poudre fine a été traité, dans un flacon bouché à l'émeri, par 100 centimètres cubes d'acide sulfurique pur et concentré ($d = 1{,}84$), le mélange a été abandonné à lui-même pendant quelques heures, et la solution colorée en un beau vert d'olive, a été décantée et introduite dans une burette fermée au moyen d'un tube à chlorure de calcium. La teneur de cette solution en oxygène disponible a été déterminée par titrage au moyen de sulfate ferroso-ammoniacal. La fin du titrage se reconnaît par l'apparition d'une coloration rose-violacé persistante. La solution ainsi préparée et conservée est assez

stable. Elle ne dégage point d'oxygène, et son titre reste constant pendant des journées entières.

L'acide Caro a été préparé en broyant 8 grammes de persulfate de potasse avec 20 centimètres cubes d'acide sulfurique pur et concentré. Le liquide obtenu a été également placé dans une burette munie d'un tube à chlorure de calcium.

Lorsqu'on fait agir ces deux solutions l'une sur l'autre, chaque goutte de la solution d'anhydride permanganique est rapidement décolorée, et il se dégage en même temps de l'oxygène. La dernière goutte produit une coloration jaune-brun très fugace, et le liquide se colore finalement en rose ou bleu-violacé. Si la solution verte est ajoutée avec une vitesse suffisante, le titrage peut être effectué en 30 *secondes* environ. La fin de la réaction est aussi nettement perceptible que dans le titrage au moyen de permanganate de potasse. Pendant le titrage, la température du mélange ne s'élève pas d'une manière appréciable.

Étant donné que, dans les conditions qui viennent d'être indiquées, il ne saurait être question d'une hydrolyse de l'acide Caro, *on est forcé de reconnaître que la réduction de l'anhydride permanganique est effectuée par l'acide Caro lui-même.*

Ces faits étant acquis, j'ai procédé au titrage exact de l'acide Caro par la solution permanganique dans l'appareil décrit antérieurement[1], et en même temps j'ai mesuré l'oxygène dégagé au cours de cette opération. Dans plus de 50 expériences, j'ai trouvé que les quantités d'oxygène obtenues étaient invariablement

[1] *Archives*, t. X, juillet 1900.

supérieures à celles que l'anhydride permanganique employé aurait dû dégager avec le peroxyde d'hydrogène. Le rapport entre le volume observé et le volume théorique variait de 1 : 1,4 à 1 : 1,5.

Je crois inutile d'entrer ici dans le détail de toutes ces expériences. Mais je me permets de décrire une série d'expériences qui a été instituée en vue de rechercher ce que devient l'oxygène actif du persulfate lors de la préparation de l'acide Caro.

Pour ces expériences, j'ai trouvé bon de préparer l'acide Caro dans le vase même où s'effectuait le titrage De cette manière j'ai pu travailler avec plus de précision qu'en prélevant pour l'analyse des quantités déterminées sur l'acide contenu dans la burette.

0,4 gr. de persulfate de potasse sec et bien pulvérisé ont été pesés exactement, traités dans le vase à décomposition de mon appareil, par 2 à 3 centimètres cubes d'acide sulfurique pur et concentré, le vase a été relié avec le reste de l'appareil et le mélange a été abandonné à lui-même pendant 15 à 20 minutes. Le niveau établi dans les deux tubes de l'appareil, l'acide Caro a a été rapidement titré au moyen de la solution permanganite jusqu'à coloration rose, le liquide a été vigoureusement agité et, après rétablissement du niveau, le volume de l'oxygène dégagé a été noté. Toute l'opération n'a duré dans chaque cas que 1 à 2 minutes. Si, après la fin du titrage, on continue d'agiter pendant longtemps le liquide, le volume d'oxygène n'augmente pas sensiblement.

La teneur en oxygène actif du persulfate a été déterminée au moyen d'une solution chaude de sulfate ferroso-amomniacal.

De cette manière les résultats suivants ont été obtenus :

Titre de la solution d'anhydride permanganique : 1 c.c = 0,0021978 gr. O.

	Persulfate employé	Solution permanganique consommée	Température	Pression	Oxygène dégagé
	Grammes	Cent. cubes	Degr. C.	Millimètres	Cent. cubes
1	0,4 contenant 0,02316 gr. d'oxygène actif	6.2	14	726	28,5
2		6,2	—	—	28,8
3		6,1	—	—	28,7
4		6,2	—	—	28,8
5		6.3	—	—	28,9
6		6.2	—	—	28,8
Moyenne.		6,2			28,76

Oxygène dégagé réduit à 0° et 760 millimètres. .	25,49
Avec H^2O^2, la solution permanganique (6,2 centimètres cubes) aurait dû dégager	18,94
Excédent d'oxygène	6,56 c.c.

Volume obtenu : Volume théorique = 1 : 1.33.

Lors du titrage, l'acide Caro est entièrement décomposé. En effet, si on défalque du volume d'oxygène trouvé (25,49 c. c.), le volume qui correspond à l'anhydride permanganique réduit (0,0162 gr. = 9.47 c. c. O), on a 16,02 c. c. = 0,02302 gr. O, c'est-à-dire, dans les limites de l'erreur d'expérience, la totalité de l'oxygène actif contenu dans le persulfate (0,02316).

Dans l'acide Caro, cet oxygène actif s'est réparti comme suit :

0,01362 gr. d'oxygène correspondant à l'anhydride permanganique réduit, et 0.00940 d'oxygène retrouvés en excès dans le tube gradué. D'où provient cet excédent d'oxygène? Deux explications peuvent se pré-

senter : il provient ou bien d'un dédoublement catalytique d'une portion de l'acide Caro employé, ou bien d'une décomposition régulière d'un peracide supérieur qui renferme trois atomes d'oxygène reliés entre eux.

Le fait que le titrage de l'acide par l'anhydride permanganique n'exige qu'une fraction de minute, tend à montrer à lui seul qu'il ne s'agit pas ici d'un phénomène catalytique. L'expérience directe a pleinement confirmé cette manière de voir.

2 centimètres cubes d'acide Caro ont été introduits dans le vase à décomposition de mon appareil, traités par 0,02 gr. de sulfate de manganèse broyé dans de l'acide sulfurique concentré, et le mélange a été agité à intervalles rapprochés. Au bout de 3 heures, le niveau ne s'est pas modifié dans les deux tubes, ce qui prouve qu'il n'y a pas eu dégagement d'oxygène.

La même expérience a été répétée d'une autre manière encore. 6 centimètres cubes de la solution permanganique ont été titrés dans l'appareil par l'acide Caro jusqu'à complète décoloration. L'oxygène chassé, on a ajouté au liquide résultant du titrage encore 2 centimètres cubes d'acide Caro et rétabli le niveau dans les deux tubes. Au bout de 3 heures, il s'est dégagé à peine 0,2 c. c. d'oxygène. Après 2 jours on a trouvé 1,6 c. c. d'oxygène, après 5 jours, 3,8 c. c., après 10 jours, 5,4 c. c. d'oxygène.

Il résulte de ces expériences que l'acide Caro non étendu n'est pas sensiblement décomposé à la température ordinaire par le sulfate de manganèse, ni par le liquide résultant du titrage antérieur de l'acide par l'anhydride permanganique. On peut donc considérer comme rigoureusement démontré le fait que *l'excé-*

dent d'oxygène trouvé lors du titrage, a son origine dans la décomposition d'un peracide supérieur.

Quand à la nature de ce peracide supérieur, il est très probable que celui-ci se forme par condensation de 3 molécules d'acide persulfurique de la même manière que le sel de Schöne se produit par la condensation de 2 molécules de bioxyde d'hydrogène avec 1 molécule de bioxyde de potassium. Ainsi que l'on sait, Schöne[1] a préparé une combinaison $K^2O^2 . 2H^2O^2$, qui se dédouble très facilement en tétroxyde de potassium jaune K^2O^4 et deux molécules d'eau. Le tétroxyde de potassium ne renferme plus qu'un seul atome d'oxygène actif, car, traité par l'eau ou les acides étendus, il fournit 1 molécule d'oxygène et 1 molécule de bioxyde de potassium ou de bioxyde d'hydrogène, dans ce dernier cas, avec formation intermédiaire de tétroxyde d'hydrogène :

$$K^2O^4 + nH^2O = K^2O^2 + O^2 + nH^2O$$

$$K^2O^4 + H^2SO^4 = K^2SO^4 + H^2O^4 = K^2SO^4 + H^2O^2 + O^2$$

Les 3 atomes d'oxygène actif des 3 molécules de peroxyde se sont donc unis dans le tétroxyde de potassium pour former une chaîne ou un noyau fonctionnant comme l'ozone.

D'une manière analogue, 3 molécules d'acide persulfurique peuvent s'unir sous l'influence de la haute concentration pour former un composé $(HO^3S — O — O — SO^3H)^3$ qui comme le trétoxyde de potassium ne renferme plus qu'un seul atome d'oxygène actif : c'est par cet atome d'oxygène actif qu'il agit sur l'anhydride permanganique pour dégager, non pas 1 molécule d'oxy-

[1] *Liebig's Annalen*, t. 193, p. 241.

gène, comme les peroxydes simples, mais *2 molécules d'oxygène.*

Si l'on opère la décomposition du persulfate suivant Baeyer, au moyen d'acide sulfurique monohydraté $H^2SO^4 + H^2O$, il y a hydrolyse partielle de ce composé avec élémination d'acide sulfurique, et il se forme l'acide tripertrisulfurique $(HO^3S — O — OH)^3$ ou l'acide Caro non étendu. Par la dilution, celui-ci se dissocie en molécules simples d'acide monopersulfurique $HO^3S — O — OH$ qui possède les propriétés attribuées par MM. Baeyer et Villiger à l'acide Caro[1].

[1] La formule usuelle du peroxyde d'hydrogène ne permet pas de représenter d'une manière rationnelle toutes ces réactions. A mon avis, la formule $H^2O.O$ proposée naguère par Kingzett exprime de la manière la plus satisfaisante toutes les propriétés des peroxydes, si on l'envisage au point de vue de la théorie de la tétravalence de l'oxygène (Brühl) :

H, H >O = O<

Bioxyde d'hydrogène

K, K >O = O—O = O< H, H ; (O) ; O ; H H

Sel de Schöne (Se décompose très facilement en eau et tétroxyde de potassium).

HO^3S, H >O = O—O = O< SO^3H, H ; O ; O ; H SO^3H

Acide tripertrisulfurique (Acide Caro non étendu)

HO^3S, H >O = O<

Acide monopersulfurique (Acide Caro étendu)

En dehors de ces considérations, il en existe d'autres qui militent en faveur de la supposition que l'acide Caro renferme trois atomes d'oxygène réunis entre eux en chaîne ou en noyau.

Si l'on traite le bioxyde de sodium, par exemple, par l'acide sulfurique concentré à la température ordinaire, il y a abondant dégagement d'ozone. Que l'on refroidisse fortement le mélange, il se dégage peu ou point d'ozone et il se forme en revanche l'acide Caro. D'autre part, abandonné à lui-même, l'acide Caro se décompose spontanément avec dégagement d'ozone.

Un fait plus caractéristique encore a été constaté par M. Eug. Bamberger[1]. Lorsqu'on neutralise par le carbonate de potasse l'acide Caro étendu d'eau et qu'on le traite par un catalysateur — oxyde d'argent, bioxyde de manganèse, etc. — il dégage de l'ozone. L'acide Caro neutralisé dégage par conséquent de l'ozone dans les mêmes conditions où d'autres peroxydes mettent simplement en liberté de l'oxygène.

En me basant sur l'ensemble des faits exposés dans cette note, j'ose affirmer que ma manière de voir est, en ce qui concerne l'acide Caro, tout aussi justifiée que celle de MM. Baeyer et Villiger. Seulement, mes déductions s'appliquent à l'acide *non étendu*, tandis que les faits et hypothèses avancés par MM. Baeyer et Villiger ont trait à l'acide *étendu d'eau*. Je ne veux cependant pas dire par là que l'acide Caro non étendu renferme exclusivement des composés à 3 atomes d'oxygène réunis en chaîne ou noyau, tandis que l'acide

[1] *Berichte,* 1900, p, 1459.

étendu est formé exclusivement par des molécules de peroxyde simple HO^3S — O — OH. Les résultats de l'analyse donnée plus haut, d'une part, et le fait découvert par M. Bamberger, d'autre part, montrent que les deux formes existent aussi bien dans l'acide non étendu que dans l'acide étendu. Mais celui-ci contient plus de molécules de peracide simple, tandis que, dans celui-là, ce sont les molécules de peracide supérieur qui prédominent.

Genève, le 3 novembre 1900.

L'EXPÉRIENCE

DE LA

ROTATION ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE

ET

L'INDUCTION UNIPOLAIRE

PAR

Ed. HAGENBACH-BISCHOFF
Professeur de physique à l'Université de Bâle

Traduit d'un programme universitaire par **H. VEILLON**

(Suite et fin[1] *)*

III. — *L'appareil de rotation de M. König*[2].

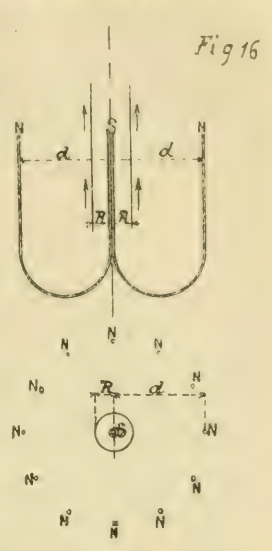
M. *Lecher* parle aussi de l'appareil de rotation de MM. *Fleischmann* et *Walter König*[3], représenté par la fig. 16. Le courant traverse un cylindre creux de rayon *R*, tandis qu'une série d'aimants en fer à cheval ont leurs branches de même nom réunies dans l'axe du

[1] Voir *Archives*, t. XI, janvier 1901, p. 5.

[2] Au moment où le présent mémoire allait être imprimé je reçus le fascicule n° 8 des *Annales de Drude* pour 1900, dans lequel M. *König* commente le travail de M. *Lecher*. Je constate à ma satisfaction que M. *König* et moi nous partageons les mêmes opinions sur les différentes expériences de rotation électromagnétique.

[3] *Zeitschrift für physik. und chem. Unterricht*. B. 8. p. 361 (1895). *Wiedemann's Annalen*. Bd. 60, p. 519 (1897).

cylindre. Tous les pôles sud se trouvent en S, tandis que les pôles nord, équidistants les uns des autres, forment en dehors du cylindre une couronne ayant le pôle commun S pour centre. Le cylindre creux et le faisceau d'aimants sont mobiles autour du même axe. M. *Lecher* voit dans cet appareil une nouvelle forme de l'ancienne roue de *Barlow*. Je puis me déclarer d'accord avec lui en ce sens qu'ici la rotation est due aux forces extérieures seules, tandis que dans les appareils de rotation examinés par M. *Lecher* et par moi il faut encore tenir compte des forces internes agissant entre les parties rigidement accouplées de l'équipage mobile.



L'appareil de M. *König* a le grand avantage de permettre les quatre expériences suivantes :

1. Le faisceau d'aimants seul est mobile.

2. Le courant seul est mobile.

3. Le faisceau d'aimants et le courant sont mobiles indépendamment l'un de l'autre.

4. Le faisceau d'aimants et le courant sont rigidement liés et mobiles.

Dans la roue de *Barlow* le courant seul est mobile dans le champ magnétique.

La théorie de l'ingénieux appareil de M. *König* peut se traiter par la loi de *Biot-Savart* comme nous voulons le faire voir.

Soit, fig. 17, un cercle de rayon R représentant la coupe du cylindre creux supposé infiniment long et parcouru par le courant i allant de bas en haut. Si un pôle de force $+ \mu$ se trouve sur l'axe C, le calcul donne pour l'action du courant sur ce pôle la valeur zéro. Si par contre μ se trouve en dehors à la distance d de l'axe en un point A, ce pôle sera poussé normalement au plan déterminé par l'axe et par le point A suivant la flèche dans la figure. Dans ce cas le calcul démontre que l'effet est identique à celui qui aurait lieu si le courant i était concentré dans l'axe C, et que cette force est par conséquent $2 i \mu\ d$.

Fig. 17

Voyons maintenant ce qui a lieu lorsque le pôle μ est situé sur l'axe C, et ce qui en résulte pour l'action entre lui et le courant réparti sur tout le cylindre. A cet effet nous décomposons le courant total en filets élémentaires parallèles et infiniment longs, parcourus par les courants d'intensité di. Sur chacun de ces filets la force est tangente au cylindre et a pour valeur $2 d i \mu\ R$, en sorte que, tous les filets étant de nouveau réunis, on obtiendra pour l'action totale le couple de moment $2 i \mu$. Si le pôle est en A il agit sur le courant dans le cylindre avec une force qui s'applique à l'axe C et qui a la direction de la flèche dans la figure, c'est-à-dire qui est parallèle et opposée à la force précédente en A et dont la grandeur est $2 i \mu / d$.

En admettant donc que tous les pôles de force $- \mu$ se trouvent au centre C et tous les pôles de force $+ \mu$ sur la circonférence d'un cercle de rayon d (fig. 16), nous allons examiner les quatre expériences que permet l'appareil.

1. Le cylindre parcouru par le courant est fixe et le faisceau d'aimants est mobile.

L'action du courant sur tous les pôles sud est nulle. L'action sur chaque pôle nord est $2 i \mu d$ et pour chacun de ces pôles elle est dirigée suivant la tangente au cercle. Le couple ainsi formé a pour moment puisque le rayon est d :

$$2i \Sigma\mu.$$

2. Le cylindre parcouru par le courant est mobile et le faisceau d'aimants est fixe.

Deux pôles nord diamétralement opposés agissent sur le courant avec des forces égales, parallèles et opposées. L'effet de tous les pôles nord ainsi groupés deux à deux sera donc nul. Par contre les pôles sud réunis en C donnent un couple dont le moment est :

$$-2i \Sigma\mu.$$

3. Le cylindre parcouru par le courant et le faisceau d'aimants sont mobiles indépendamment l'un de l'autre.

Le faisceau d'aimants subit l'effet d'un couple agissant en sens positif, et le cylindre un couple de même moment, mais agissant en sens négatif. Le faisceau et le cylindre tournent donc à contre-sens.

4. Le cylindre parcouru par le courant et le faisceau d'aimants sont mobiles mais reliés rigidement.

L'équipage mobile est le siège de deux couples égaux et contraires, l'action totale des forces internes est donc nulle et l'on n'a point de rotation.

Ces déductions théoriques sont en accord parfait avec les expériences de MM. *Fleischmann* et *König*.

IV. — *La loi de Biot-Savart.*

Biot et *Savart* établirent par des recherches exécutées en commun qu'un courant rectiligne indéfini agit sur un pôle magnétique en raison directe des intensités du pôle et du courant et en raison inverse de la distance du pôle au courant. *Laplace* en déduisit que l'action d'un courant élémentaire infiniment petit sur un pôle ou un élément magnétique est en raison inverse du carré de la distance. Enfin, en reprenant la question, *Biot* fit voir à son tour qu'elle est encore proportionnelle au sinus de l'angle compris entre la direction du courant élémentaire et la droite menée du centre de l'élément au pôle. Telle est l'origine de l'expression $i\mu \sin\vartheta ds / \rho^2$ que l'on désigne tantôt comme loi de *Biot-Savart*, tantôt comme loi de *Laplace*[1].

Ainsi que nous allons le faire voir, l'expérience et la logique amènent à ce résultat que nulle autre loi ne saurait régir l'action réciproque entre un élément conducteur ds parcouru par un courant i et un pôle magnétique μ.

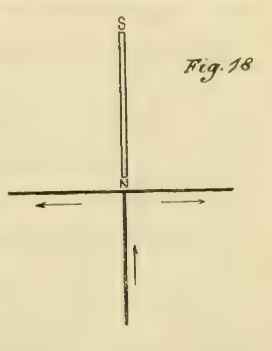
Supposons le courant égal à l'unité. L'action du courant élémentaire ds sur le pôle μ peut se décomposer en deux : l'action de $ds \sin\vartheta$ sur μ et l'action de $ds \cos\vartheta$ sur μ. Cette décomposition se justifie par la notion du courant électrique auquel on peut appliquer, comme à un liquide en mouvement, le principe du parallélo-

[1] Collection de mémoires relatifs à la physique publiés par la Société française de physique. Tome II, p. 80.

gramme des vitesses. Elle se justifie en outre par les expériences bien connues d'*Ampère*[1].

Commençons par l'action de $ds\cos\vartheta$ sur μ. Le pôle est situé sur la direction même de l'élément de courant. Dans ce cas il n'y a qu'*une seule* direction qui soit déterminée, et c'est précisément celle de la droite qui joint l'élément et le pôle. Si donc il y a une action elle ne peut avoir lieu que suivant cette droite.

On pourrait imaginer que l'élément μ soit repoussé quand le courant est dirigé contre lui et attiré quand le courant le fuit ; ou bien on pourrait aussi imaginer le contraire. Or on sait que l'expérience ne décèle aucune action de ce genre. Pour en être absolument sûrs, nous avons d'ailleurs fait l'expérience indiquée par la fig. 18. Un aimant suffisamment allongé NS était suspendu très légèrement dans le prolongement d'un courant d'une vingtaine d'ampères. Ni la fermeture, ni la rupture du courant n'occasionnèrent le moindre effet moteur sur l'aimant.



La seconde composante $ds\sin\vartheta$ est perpendiculaire à la droite joignant ds et μ. Dans ce cas il y a trois directions, normales les unes aux autres, qui se trouvent déterminées, savoir : la droite qui joint ds et μ, la parallèle à la composante de l'élément de courant et la normale au plan ($ds\ \mu$).

Une action suivant la première de ces directions ne

[1] Collection de mémoires. Tome III, p. 12.

peut logiquement pas avoir lieu, car il serait impossible d'en fixer le sens. En effet, la position réciproque de $ds \sin\vartheta$ et de μ ne saurait fournir aucun criterium permettant de dire quand aurait lieu l'attraction et quand la répulsion.

Une action suivant une parallèle à $ds \sin\vartheta$ serait logiquement admissible; cependant aucune expérience n'est encore venue la mettre en évidence.

Il ne reste donc aucune autre possibilité pour l'action entre ds et μ que de la supposer due à la composante $ds \sin\vartheta$ et normale au plan (ds, μ). La logique nous force en outre à admettre la proportionnalité entre elle et le courant i d'une part et le magnétisme μ d'autre part. Cela est évident, car ces deux quantités se définissent par l'intensité même de la force en question. Ensuite nous sommes obligés d'admettre la proportionnalité avec la longueur $ds \sin\vartheta$, attendu que l'action totale doit être égale à la somme des composantes. Enfin, puisque les expériences de *Biot* et de *Savart* et les calculs de *Laplace* ont établi la proportionnalité inverse au carré de la distance ρ, ce qui concorde d'ailleurs avec la loi de *Coulomb* sur la diminution de l'action avec la distance, la seule force possible suivant la normale au plan (ds, μ) doit avoir pour expression $i\mu \sin\vartheta ds / \rho^2$. Telle est la loi de *Biot-Savart*.

Le sens de la force, c'est l'expérience qui doit le fournir. Il se formule par la règle d'*Ampère* en disant que le pôle nord va à gauche d'un observateur nageant dans le sens du courant et regardant le pôle.

Il s'agit maintenant de déterminer l'action inverse de μ sur ds.

Comme on le sait le troisième axiome que *Newton* formule dans ses « Principes » est celui-ci :

Actioni contrariam semper æqualem esse reactionem: sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse æquales et in partes contrarias dirigi.

Il découle de cet axiome que, lorsqu'on a des forces agissant entre deux points A et B suivant la droite qui les relie, et que l'on maintient A fixe, le point B sera poussé contre ou loin du point A suivant que la force sera attractive ou répulsive. De même, en maintenant B fixe, A sera poussé avec la même force contre ou loin de A. Si les deux points sont libres ils tendront à se rapprocher ou à s'écarter de part et d'autre avec la même force. Si les deux points sont rigidement reliés le rapprochement ou l'éloignement sera impossible et l'action nulle.

Dans le cas présent de la loi de *Biot-Savart* la condition ci-dessus d'une force agissant dans la direction de la droite reliant les deux éléments ne se trouve pas réalisée. L'application de l'axiome de *Newton* aura une autre conséquence. Si ds est supposé fixe, on aura une force agissant sur μ suivant une normale au plan (ds,μ) et il en résultera un moment dont l'axe situé dans le plan (ds,μ) passera par ds et sera perpendiculaire à la droite qui relie ds et μ. Ce moment fera tourner μ autour de ds comme centre. Si l'on veut appliquer ici l'axiome de *Newton* sur l'égalité de l'action et de la réaction, il faut considérer que l'on n'a plus simplement une force produisant une accélération linéaire mais un moment de rotation produisant une accélération angulaire. Dans le cas précédent nous avons conclu à une force égale poussant B vers A ou A vers B suivant que A ou B était fixe; dans le cas présent nous conclurons par analogie à un moment de même valeur

faisant tourner μ autour de ds ou ds autour de μ suivant que ds ou μ sera fixe. Nous sommes donc autorisés à admettre que lorsque μ est maintenu fixe ds tourne autour de lui en vertu du même moment qui résultait de l'action réciproque. Cela revient à dire que ds subit la force $i\mu \sin\vartheta ds / \rho^2$ normale au plan (ds, μ) ou ce qui est la même chose au plan formé par la direction du courant et la direction du champ magnétique. Le sens du mouvement se détermine par la règle de *Fleming* en disant que, si l'index et le médius de la main gauche représentent les directions et les sens respectifs du champ magnétique et du courant, le pouce représente la direction et le sens du mouvement de l'élément de courant.

En admettant maintenant que ds et μ sont rigidement liés l'un à l'autre les forces ne se contrebalenceront plus, mais fourniront un couple qui fera tourner le système. Comme l'a déjà fait remarquer *Ampère*[1] on manquerait aux premiers principes de la dynamique si l'on voulait admettre que des forces internes réciproques entre les différentes parties d'un seul et même solide il pût résulter un mouvement. Mais cette contradiction n'est qu'apparente, ainsi que nous l'avons montré plus haut, car il ne faut pas perdre de vue que l'électricité entre dans le système et en ressort par deux points fixes. En outre, nous avons vu que la contradiction qui semble s'imposer avec le principe de la conservation de l'énergie n'est aussi qu'apparente et qu'elle disparaît par le fait de l'induction engendrée par le mouvement du conducteur à travers le champ magnéti-

[1] Collect. de mém. Tome III, p. 226.

que. Ainsi considéré, le phénomène de l'induction, découvert par *Faraday*, plusieurs années après les travaux d'*Oersted*, de *Biot* et d'*Ampère*, est un complément nécessaire de la loi de l'électromagnétisme.

Si l'on veut mettre en évidence la réciprocité qui résulte du principe de *Newton* sur l'égalité de l'action et de la réaction, il faut faire intervenir la loi de *Coulomb* sur l'action réciproque de deux pôles magnétiques. Alors la loi de *Biot-Savart* s'exprimera très nettement par les deux propositions suivantes :

1. Un élément de circuit ds traversé par un courant d'intensité i engendre en un point quelconque de l'espace, situé à la distance ρ de ds, un champ magnétique $i \sin\vartheta \, ds/\rho^2$ dont la direction est perpendiculaire au plan (ds, ρ) et dont le sens est fixé par la règle d'*Ampère*.

2. Un élément de circuit ds traversé par un courant d'intensité i et situé dans un champ magnétique d'intensité f subit une force $fids$ dont la direction est perpendiculaire au plan déterminé par ds et la direction du champ et dont le sens est fixé par la règle de *Fleming*.

V. — *Les formules d'Ampère et de Grassmann.*

Il est reconnu qu'*Ampère* a désigné comme action électrodynamique la force avec laquelle deux courants élémentaires agissent l'un sur l'autre et qu'il a formulé une loi de cette action. L'illustre savant partait de l'idée que cette action devait, à l'instar de l'action mutuelle de deux masses, de deux quantités d'électricité, de deux quantités de magnétisme, avoir lieu dans la direction de la droite reliant les centres des deux élé-

ments. Il fut conduit par des expériences classiques et par des déductions fort ingénieuses à la formule bien connue qui porte son nom et que l'on peut écrire, en se basant sur le système des unités (C. G. S.) :

$$\frac{i_1 i_2 ds_1 ds_2 (-2 \sin \vartheta_1 \sin \vartheta_2 \cos \varphi + \cos \vartheta_1 \cos \vartheta_2)}{\rho^2}.$$

Les éléments de circuit sont représentés par ds_1 et ds_2, les intensités respectives des courants par i_1 et i_2, les angles respectifs de ds_1 et ds_2 avec la droite de jonction ρ par ϑ_1 et ϑ_2, et l'angle dièdre du plan (ds_1, ρ) avec le plan (ds_2, ρ) par φ.

On peut aussi écrire cette formule ainsi :

$$\frac{i_1 i_2 ds_1 ds_2 (-3 \cos \varepsilon + 3 \cos \vartheta_1 \cos \vartheta_2)}{\rho^2}..$$

en appelant ε l'angle compris entre les directions de ds_1 et ds_2.

Ampère fit ensuite voir qu'un aimant élémentaire peut au point de vue de son action extérieure être assimilé à un courant circulaire infiniment petit ayant son plan perpendiculaire à l'axe de l'aimant élémentaire : l'intensité devant être choisie de manière à ce que son produit par la surface limitée au contour soit égal au moment magnétique de l'aimant élémentaire. Ceci a permis d'expliquer les effets du magnétisme et de l'électromagnétisme par la force électrodynamique.

Cela rappelé, il est aisé de comprendre que les effets de rotation qui nous occupent, et qui selon notre manière de voir sont dus aux forces intérieures du système rigide et mobile, ne pourront plus s'expliquer par l'action électrodynamique qui a lieu suivant la droite de jonction entre les divers éléments à l'intérieur du sys-

tème mobile. Il y a donc ici entre la loi de *Biot-Savart* et la formule d'*Ampère* un désaccord qu'il est nécessaire d'expliquer.

Lorsque les deux éléments agissant l'un sur l'autre sont réduits à des points, la direction de leur action réciproque suivant la droite qui les relie s'impose d'elle-même par un simple syllogisme. En effet, chaque point pris isolément ne déterminant ni une direction, ni un sens, la seule direction qui soit établie dans ce cas est précisément celle de la droite reliant les deux points. Tel est le cas de deux points chargés de masse, de magnétisme ou d'électricité. Mais lorsque les deux éléments agissant l'un sur l'autre sont des éléments linéaires, affectant chacun une direction et un sens du courant électrique, les prémisses sont différents. En dehors de la droite de jonction des centres des éléments il y a d'autres directions parfaitement déterminées et la logique exige uniquement que l'on soit à même de déterminer sans ambiguïté, soit pour l'un, soit pour l'autre des deux éléments, la direction et le sens de la force.

Abandonnons donc l'idée de l'action suivant la droite de jonction des deux éléments et cherchons à déduire immédiatement de la loi de *Biot-Savart* celle de l'action électrodynamique. Cela peut se faire fort simplement de la manière suivante.

L'élément ds_1 produit à l'emplacement de l'élément ds_2 un champ magnétique de l'intensité $i_1 ds_1 \sin \vartheta_1 \rho^2$ dont la direction est perpendiculaire au plan (ds_1, ρ) et dont le sens est fixé par la règle d'*Ampère*. Par conséquent l'élément ds_2 sera poussé par une force ayant pour valeur

$$\frac{i_1 i_2 ds_1 ds_2 \sin \vartheta_1 \sin \psi_2}{\rho^2}$$

dirigée suivant la normale au plan (direction du champ. ds_2) ; le sens de l'action est donné par la règle de *Fleming*. L'angle ψ_2 est celui que comprennent ds_2 et la direction du champ à l'endroit où se trouve situé ds_2. Cet angle est donné par la relation :

$$\sin^2 \psi_2 = 1 - \sin^2 \vartheta_2 \sin^2 \varphi$$

et enfin $ds_2 \sin \psi_2$ est la projection de ds_2 sur le plan (ds_1, ρ).

Par la même voie on trouve que ds_1 est poussé par la force

$$\frac{i_1 i_2 ds_1 ds_2 \sin \vartheta_2 \sin \psi_1}{\rho^2}$$

normalement au plan (direction du champ. ds_1) ; ici encore c'est la règle de *Fleming* qui fixe le sens de l'action. L'angle ψ_1 est celui que comprennent ds_1 et la direction du champ à l'endroit où se trouve situé ds_1.

L'expression que nous venons de déduire ici de la loi de *Biot-Savart* est identique à celle qu'obtint déjà *Grassmann* en 1845 par un procédé tout-à-fait différent et qui fut retrouvée en 1877 par *Clausius* encore par une voie toute différente[1].

En faisant dans la formule de *Grassmann* $\varphi = 0$ et $\vartheta_1 = \vartheta_2 = 90°$ on obtient :

[1] Herm. Grassmann. Neue Theorie der Elektrodynamik. *Pogg. Ann.* Bd. 64. S. 1. (1845).

R. Clausius. Ueber die Ableitung eines neuen elektrodynamischen Grundgesetzes. *Crelle Journ.* Bd. 82. S. 85. (1877).

Herm. Grassmann. Zur Elektrodynamik. *Crelle Journ.* Bd. 83. S, 57. (1807),

R. Clausius. Ueber das Grassmann'sche Gesetz der pondoromotorischen Kraft. *Crelle Journ.* Bd. 83. S. 262. (1877).

Action de ds_1 sur ds_2 : $i_1 i_2 ds_1 ds_2 / \rho^2$ dirigée contre ds_1
Action de ds_2 sur ds_1 : $i_1 i_2 ds_1 ds_2 / \rho^2$ dirigée contre ds_2
donc Attraction entre ds_1 et ds_2 : $-2\, i_1 i_2 ds_2 / \rho^2$.
En faisant par contre $\vartheta_1 = 90°$ et $\vartheta_2 = -90°$ on obtient :
Répulsion entre ds_1 et ds_2 : $+2\, i_1 i_2 ds_1 ds_2 / \rho^2$.

Quand il s'agit donc de l'action mutuelle de deux courants élémentaires situés dans un même plan et perpendiculaires à la droite reliant leurs milieux les formules d'*Ampère* et de *Grassmann* donnent le même résultat.

L'action d'un *courant fermé* quelconque sur un aimant élémentaire est, soit d'après la formule d'*Ampère*, sait d'après celle de *Grassmann*, toujours équivalant à l'action sur un courant circulaire infiniment petit [1]. Par contre, si l'on veut étudier l'action d'un *élément de courant* il faudra tenir compte de la différence suivante.

Un élément de courant et un aimant élémentaire étant situés dans le *même* plan et perpendiculaires à la droite reliant leurs milieux, l'élément de courant agit d'après la loi de *Biot-Savart* sur l'aimant élémentaire par un couple dont le moment est $iM\, ds / \rho^2$, en désignant par M le moment magnétique de l'aimant élémentaire.

L'action de l'élément de courant sur le courant circulaire infiniment petit substitué à l'aimant élémentaire sera au contraire zéro d'après la formule d'*Ampère*, puisque pour tous les éléments du courant circulaire infiniment petit on a $\vartheta_1 = 90°$ et $\varphi = 90°$. Cette

[1] Franz Neumann. Vorlesungen über elektrische Ströme, herausgegeben von K. VonderMühll. Leipzig 1884, S, 107.

même action a enfin d'après la formule de *Grassmann* pour valeur $iFi_1 ds/\rho^2$ en désignant par F la surface limitée par le contour et i_1 l'intensité du courant circulaire.

La théorie d'*Ampère* substituant un courant circulaire infiniment petit à un aimant élémentaire est donc également valable en appliquant la formule de *Grassmann* pour l'action entre un élément de courant et un aimant élémentaire. On peut en outre démontrer d'une manière tout-à-fait générale qu'en partant de la loi de *Biot-Savart* d'une part, que l'aimant élémentaire ainsi que le courant circulaire infiniment petit produisent identiquement le même champ, de l'autre part que l'aimant élémentaire ainsi que le courant circulaire infiniment petit subissent dans un champ donné identiquement le même couple. Cela revient à dire que dans tous les cas imaginables l'aimant élémentaire et le courant circulaire infiniment petit peuvent être substitués l'un à l'autre.

Le résultat de ces considérations peut se formuler de la sorte :

Même les phénomènes de rotation, qui peuvent se présenter lorsqu'un courant électrique traverse un système rigide d'aimants et de conducteurs accouplés mobile autour du même axe, et que nous considérons comme le résultat des forces internes, sont susceptibles d'une explication par la théorie d'Ampère, à condition de substituer à la formule d'Ampère sur l'action électrodynamique celle de Grassmann.

Il reste encore à examiner si les rotations que nous considérons comme le résultat des forces internes ne

peuvent pas finalement aussi s'expliquer par la formule même d'*Ampère*.

Que les forces internes ne suffisent plus dans ce cas, la force ayant lieu dans la direction des droites de jonction des éléments, cela va de soi. Il ne reste que la possibilité des forces extérieures, c'est-à-dire de chercher à expliquer le phénomène de rotation par l'action réciproque suivant la formule d'*Ampère* entre les portions fixes de tout le circuit et l'équipage mobile.

Pour fixer les idées reportons-nous à l'appareil de la fig. 5. Nous avons déjà vu que la portion horizontale du circuit depuis la distance R jusqu'à l'infini, ne peut occasionner suivant la loi de *Biot-Savart* aucune rotation de l'aimant autour de son axe. Il est tout aussi aisé de démontrer que cette même portion du circuit ne peut non plus fournir de rotation autour de l'axe vertical en se basant sur la formule *Grassmann* et en substituant à l'aimant un solénoïde, c'est-à-dire un cylindre de longueur $2l$ et de rayon r supposé petit par rapport à l et R, parcouru par un courant i_1 satisfaisant à la condition $2l\mu = \pi i_1 r^2$. D'après *Grassmann*, en effet, l'action électrodynamique produite par ds_2 ou par un élément du conducteur fixe amenant le courant est toujours normale au plan (direction du champ, ds_1) et par conséquent aussi normale à ds_1; la composante suivant la direction de ds_1, c'est-à-dire la seule qui serait capable de produire une rotation du solénoïde autour de son axe vertical est donc nulle.

Mais en prenant la formule d'*Ampère* les choses changent. L'exécution du calcul qui ne présente aucune difficulté fournit pour l'action de la portion horizontale fixe du courant depuis l'infini jusqu'à la

rigole de rayon R sur le solénoïde un couple dont le moment est

$$-2\mu i_2 \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{R}{l}\right)^2}}.$$

Nous avons donc ici un couple provenant de *forces extérieures* et si nous réduisons le courant à l'unité le couple aura pour moment

$$\mathfrak{D} = -2\mu \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{R}{l}\right)^2}}.$$

c'est-à-dire que nous obtenons une valeur identique à celle que nous avons obtenue par les *forces internes* en nous servant de la loi de *Biot-Savart* ou de la formule de *Grassmann*.

Les formules de *Biot-Savart*, d'*Ampère* et de *Grassmann* se trouvent donc dans la relation suivante :

Le mouvement de rotation d'un aimant autour de son axe selon le schéma de la fig. 5 se déduit avec le même résultat final des trois formules, mais il faut remarquer cette différence :

Dans l'explication suivant *Biot-Savart* ou *Grassmann* l'effet est dû aux *forces internes* seules agissant dans le sein de l'équipage mobile, tandis que la portion fixe extérieure du circuit depuis la rigole jusqu'à l'infini reste inactive.

Dans l'explication suivant la formule d'*Ampère* les forces internes se détruisent, et l'effet est dû exclusivement aux *forces extérieures* produites par l'action du fil fixe depuis la rigole à l'infini.

Dans les deux cas le désaccord avec le principe de la conservation de l'énergie ne disparaît qu'en faisant intervenir l'induction, car sans celle-ci le couple moteur engendrerait, abstraction faite du frottement, une vitesse angulaire qui irait croissant jusqu'à l'infini.

En prenant pour base la formule de *Grassmann* tout apparaît plus simple et mieux disposé, car on part des *mêmes* notions, soit que l'on veuille expliquer le phénomène par l'action *électromagnétique*, soit qu'on veuille l'expliquer par l'action *électrodynamique*. En outre rien n'empêche de faire intervenir la notion des lignes de force magnétiques, attendu que la loi de *Biot-Savart* et la formule de *Grassmann* fournissent une seule et même valeur pour le champ magnétique.

En partant de la formule d'*Ampère* on arrive aussi, il est vrai, à faire concorder le résultat des calculs avec l'expérience, mais il subsiste une contradiction en ce sens que le moment du couple que l'on obtient ainsi par voie *électrodynamique* met en jeux les forces *extérieures*, tandis la formule *électromagnétique* n'a besoin de tenir compte que des forces *internes*.

Notons ici, pour l'historique de la question, qu'*Ampère* exécuta le premier l'expérience représentée schématiquement par la fig. 5 en se servant d'un barreau aimanté, lesté par un morceau de platine de façon à se tenir vertical et à flot dans un vase de mercure. Il attribua aussi la rotation aux forces extérieures seules, en admettant que les forces internes sont en équilibre [1], et il donna la valeur exacte du moment du couple moteur [2].

[1] Collection de mémoires. Tome II, p. 387 et Tome III, p. 258.
[2] Collection de mémoires. Tome III, p. 262.

Ce travail était fini lorsque je vis que M. E. Wiechert[1] avait déjà déduit avant moi la formule de *Grassmann* de la loi de *Biot-Savart*.

Pour terminer j'exprime mes remercîments à mon collègue M. le prof. K. VonderMühll, qui m'a rendu attentif à plusieurs théorèmes et questions mathématiques, ainsi qu'à M. le Dr H. Veillon, qui m'a essentiellement aidé dans l'exécution des expériences et le calcul des résultats.

[1] E. Wiechert, Grundlagen der Elektrodynamik, p. 25 in der Festschrift zur Feier der Enthüllung des Gauss-Denkmals. Leipzig, 1899.

LES OSCILLATIONS

DU

LAC DES QUATRE-CANTONS

PAR

Edouard SARASIN

(Avec planches I, II et III.)

Il est dans l'admirable champ d'étude de la nature suisse peu de sujets de recherches aussi intéressants, aussi riches que le lac des Quatre-Cantons. Une commission spéciale a été nommée pour faire des explorations qui doivent porter aussi bien sur les phénomènes physiques que sur les phénomènes naturels, faune et flore, que présente ce beau bassin situé d'une manière incomparable au centre de la Suisse primitive, à la limite des hautes montagnes et de la plaine. Cette commission m'a chargé, il y a quatre ans, comme membre de la Commission limnologique suisse, de prendre en main la partie de cette étude comprenant les mouvements oscillatoires de la masse de l'eau, ceux sur lesquels les belles études de M. Forel ont dès longtemps attiré l'attention et qui sont généralement désignés maintenant par le terme de *seiches*, anciennement employé à Genève[1]. J'ai appli-

[1] Pour la question des oscillations ou « seiches » des lacs, voir la monographie de M. Forel sur le *Léman*, t. II, p. 39 à 213, et le rapport que j'ai présenté sur ce sujet au nom de M. Forel et au mien au Congrès international de physique de Paris, 1900. *Rapports du Congrès*, t. III, p. 394.

qué à ces recherches l'appareil que j'avais fait construire par la *Société genevoise* dès 1879, à l'instar de ceux de M. Forel et de M. Plantamour et qui, en possédant la même précision, a l'avantage de se transporter très facilement et de s'adapter sans peine aux positions les plus diverses, convenablement choisies sur les rives d'un lac.

Je n'ai pas à rappeler ici la disposition de mon *limnimètre enregistreur transportable* que j'ai décrite lors des premières observations que j'ai faites avec cet instrument au lac de Genève [1]. Qu'il me suffise de dire qu'il trace les moindres mouvements de dénivellation de la surface de l'eau, en grandeur naturelle, sur un rouleau de papier sans fin qui se déroule sous l'action d'une horloge à raison de 1^{mm} par minute. Les courbes sinusoïdes ainsi obtenues donnent comme abscisses le temps, comme ordonnées l'élévation ou l'abaissement du lac à ce moment-là. Ce limnographe a fonctionné avec succès à six stations du lac Léman, puis aux lacs de Zurich, Constance, Neuchâtel et Thoune. Je l'ai appliqué enfin à l'étude dont j'étais chargé sur le lac des Quatre-Cantons. J'ai rendu compte de ces recherches aux sessions annuelles de la *Société helvétique des sciences naturelles*, mais je désire donner ici un court résumé d'ensemble des résultats obtenus jusqu'à présent et surtout donner des reproductions en grandeur naturelle de quelques-uns des tracés les plus intéressants fournis par ce lac qui, malgré sa forme compliquée, faisant mal augurer de la régularité des mouvements qui s'y doivent produire, s'est trouvé plutôt

[1] *Archives des sciences phys. et nat.*, 1879, t. II, p. 724.

être un instrument vibratoire remarquablement accordé. Il présente, en effet, avec une grande netteté, suivant les stations, tantôt le grand mouvement longitudinal uninodal, baisse à Lucerne, hausse à Fluelen ou l'inverse, tantôt les subdivisions de celui-là, binodale, etc., puis l'uninodale de bassins secondaires (Stansstad-Kussnacht).

Lucerne.

Après entente avec la commission locale[1] j'ai commencé les observations à la station de Lucerne, située avantageusement à l'une des extrémités du grand axe du lac, où doit se trouver un maximum du mouvement de balancement. Le choix de cette station s'imposait pour le début de ces recherches, car c'est en ce point qu'avaient été faites les seules constatations anciennes de seiches sur ce lac ; c'est en ce point aussi que le professeur Arnet, de Lucerne, avait fait de 1875 à 1877 ses premiers et pénibles essais pour en déterminer la période. Par de patientes lectures faites soit au limnimètre fixe du quai de Lucerne, soit au plémyramètre de M. Forel, à des jours où il constatait des perturbations barométriques, M. Arnet avait reconnu l'existence de mouvements ondulatoires avec des amplitudes allant jusqu'à 12 cm. et des périodes de 10 à 11, de 22 à 25, et de 43 à 46 minutes.

Mon appareil a été installé le 14 juillet 1897 sur la rive droite de la Reuss, à 50 m. environ de sa sortie du lac, dans une cabane adossée à l'entrée du vieux pont cou-

[1] Je dois ici mes sincères remerciements à MM. les membres de cette commission qui se sont plus spécialement intéressés à ces recherches, MM. les professeurs Arnet, Amberg et Bachmann, de Lucerne, qui ont été de précieux et fidèles collaborateurs.

vert (Kapell-Brücke) et mise très obligeamment à ma disposition par les autorités de la ville jusqu'au 15 décembre suivant, où elle a dû céder la place au nouveau quai établi le long de la rivière. Pendant ces cinq mois le limnographe a marché d'une manière continue dans cette station sous la surveillance de MM. les professeurs Arnet et Bachmann et de M. le Dr Steiger. La courbe qu'il y a tracée est en général assez compliquée et revêt rarement la forme d'une sinusoïde régulière un peu longue, dénotant un mouvement rythmique durable.

On y retrouve cependant bien nettement une période maxima de 44-45 minutes qui a été reconnue plus tard comme l'uninodale. Néanmoins, la sinusoïde de ce type-là est rarement simple mais se combine la plupart du temps avec des périodes plus courtes qui la festonnent. Aussi, n'est-il pas possible de tirer des tracés de Lucerne une mesure exacte de la durée de cette seiche. Nous noterons simplement comme exemple :

16 Juill. 1897 4 h. 50 mat. au 16 Juill. 7 h. 50 mat. 4 oscill. en 180 min. période 45 min.

Le type qui apparaît le plus fréquemment ici en série régulière est une seiche de 24 minutes de durée que je reproduis dans la Planche I, fig. 1. Je puis citer plusieurs séries donnant une première mesure assez satisfaisante de cette période :

3 Sept.	1897	9 h. 41 soir	au 4 Sept.	11 h. 41 mat.	35	oscill.	en	840 m.	période	24 min.
15 »	»	2 h. 35 »	à	10 h. 04 soir	20	»	en	481 m.	»	24
19 Oct.	»	11 h. 46 »	au 20 Oct.	11 h. 06 »	60	»	en	1440 m.	»	24,3
21 Nov.	»	7 h. 45 mat.	au 22 Nov.	3 h. 38 mat.	50	»	en	1213 m.	»	24,26
27 »	»	9 h. 22 »	au 28 »	5 h. 28 »	50	»	en	1206 m.	»	24,12

On pouvait dès le début, avec une grande chance de probabilité, considérer la période maxima de 44 min.

comme l'uninodale du lac entier, soit balancement Lucerne-Fluelen, et cette dernière comme la binodale ou l'uninodale du bassin Lucerne-Vitznau. Enfin, Lucerne a fourni, brodant sur ces deux-là des mouvements plus rapides, dont le plus habituel a très sensiblement 10 minutes de durée (Pl. I, fig. 2), et partage assez souvent la binodale en deux (longitudinales plurinodales).

A Lucerne, ces différents types se combinent la plupart du temps, se superposent, de façon à former souvent une courbe difficilement déchiffrable. Cet enchevêtrement provient certainement de la forme très compliquée de la moitié occidentale du lac, avec ses nombreux golfes et ses bassins secondaires.

Fluelen.

Le résultat simple devait être donné par l'autre extrémité du lac et par sa moitié orientale qui du détroit des Nases à Fluelen, forme un long boyau assez régulier coudé seulement à Brunnen. J'ai installé l'appareil le 4 mai 1898 à Fluelen dans un pavillon de bain près de l'ancien « Urnerhorf », devenu dépôt fédéral du matériel d'ambulances. M. Gisler, directeur de ce dépôt dont M. le prof. Bachmann s'était préalablement assuré le précieux concours, a exercé pendant plus d'un an, sur la marche de l'instrument, la surveillance la plus dévouée et la plus intelligente. Nous lui devons pour cela beaucoup de reconnaissance.

Tandis qu'à Lucerne la période longue de 44 minutes n'est presque jamais apparue sous forme de sinusoïde simple, mais toujours accompagnée du type de 24 min. et de types plus courts, c'est le contraire qui a lieu à Fluelen où cette période constitue l'état normal

et se produit presque constamment avec une extraordinaire régularité, en séries très prolongées. C'est ainsi que, dès le début des observations, du 6 mai au soir au 8 mai au matin, ce mouvement de balancement rythmique, qui avait débuté par des dénivellations de 8 à 10 cm. au moment où un vent d'orage violent venait de s'abattre sur Lucerne, a montré pendant plus de 36 heures une parfaite constance. La preuve n'a pas tardé à être faite que cette période est bien celle du balancement simple Lucerne-Fluelen (uninodale du lac entier). Des observations faites simultanément au limnimètre du quai de Lucerne par M. Bachmann, le 22 juin 1898, par M. Amberg, les 3 janvier et 12 avril 1899, ont montré nettement pour ce mode oscillatoire l'opposition de mouvements aux deux extrémités du lac. Les fig. 1 et 2, Pl. II, montrent les courbes de ce type, tracées à Fluelen, à ces deux dernières dates, avec superposition de la courbe obtenue simultanément à Lucerne. L'opposition est parfaitement évidente.

Comme mesures nous donnons :

3 Janv.	1899	8 h. 10	mat.	au	6 Janv.	9 h. 52	mat.	100	oscill.	en 4422 m.	périod.	44,22
27	»	» 7 h. 53	»	au	28 »	8 h. 41	soir	50	»	en 2208 m.	»	44,16
5 Févr.	»	8 h. 36	»	au	8 Févr.	10 h. 27	mat.	100	»	en 4431 m.	»	44,31
11 Avril	»	9 h. 02	soir	au	13 Avril	9 h. 55	»	50	»	en 2213 m.	»	44,26
16 »	»	7 h. 37	»	au	19 »	9 h. 09	»	100	»	en 4412 m.	»	44,12
25 »	»	5 h. 42	mat.	au	28 »	7 h. 09	»	100	»	en 4407 m.	»	44,07

La période de 24 minutes que nous sommes fondés maintenant à considérer comme la binodale est rare à Fluelen. Elle n'y a donné que quelques séries peu accentuées, se prêtant difficilement à des mesures exactes; une seule fois, les 20 et 21 mai 1899, elle a fourni 50 et plus d'oscillations successives. La fig. 5, Pl. I, montre une partie de cette série :

20 Mai 1899 3 h. 38 soir au 21 Mai 11 h. 48 mat. 50 oscill. en 1210 m. période. 24,20

Le mouvement pendulaire simple règne ici en maître et on a lieu d'être surpris de le voir se produire avec une si parfaite constance dans un bassin de forme générale aussi compliquée. Malgré cette irrégularité de forme, ce lac constitue un appareil vibratoire bien réglé, bien accordé, ce qui doit tenir à la position favorable qu'occupe le détroit des Nases, nœud forcé coïncidant bien avec le pivot naturel du mouvement de balancement des deux moitiés du lac qui se font équilibre de part et d'autre. C'est le contraire de ce que j'ai constaté sur le lac de Zurich, lac avec mouvement de balancement irrégulier et peu constant, qui serait déréglé par la position fâcheuse du nœud forcé de Rapperswyl qui ne coïnciderait pas avec un nœud naturel du lac et en ferait un instrument touché à faux par l'instrumentiste.

Détroit des Nases.

Après la constatation de ce mouvement de balancement si bien réglé, il y avait intérêt à placer l'instrument le plus près possible du détroit des Nases, pivot présumé. C'est ce qui a eu lieu le 10 juin 1899, dans le port d'une villa appartenant à M. Kohler, de Vitznau, et situé à Schibern, tout près de la pointe d'un des Nases (Obere Nase). Il y est resté jusqu'au 27 juin 1900, sous la garde du fermier de la propriété, M. Zimmermann qui, ainsi que M. Kohler, a tous nos remerciements.

En conformité avec l'hypothèse que nous émettions ci-dessus sur le rôle joué par le détroit des Nases pour fixer la position du nœud médian du lac les mouvements oscillatoires de cette station ont été en général très peu accentués et n'ont jamais présenté la période longue (uninodale). En revanche, l'oscillation de

24 minutes y est à l'état permanent et s'y produit en séries d'une régularité et d'une pureté parfaites comme celles que je reproduis dans les fig. 4 et 5, Pl. I, où l'amortissement est insensible. L'amplitude de ces mouvements à Schibern a rarement dépassé ce qu'elle est dans la fig. 4.

Ce type étant dans cette station le type normal, c'est elle qui fournit, comme ça devait être, les meilleures observations pour la mesure de la période de la binodale.

Je note, en effet :

2 Déc.	1899	8 h. 30 mat.	au 3 Déc.	8 h. 18 mat.	60 oscill.	en 1445 m.	périod.	24,25
19 Janv.	1900	6 h. 47 soir	au 20 Janv.	2 h. 57 soir	50 »	en 1210 m.	»	24,20
29 »	»	5 h. 37 »	au 30 »	1 h. 45 »	50 »	en 1209 m.	»	24,18
14 Févr.	»	4 h. 08 »	au 16 Févr.	8 h. 34 mat.	100 »	en 2426 m.	»	24,26
13 Avril	»	8 h. 32 »	au 14 Avril	4 h. 45 soir	50 »	en 1213 m.	»	24,25

Je déduis de cet ensemble de mesures pour la période de l'uninodale 44,20 minutes, soit 44 min. 12 sec., et pour celle de la binodale 24,25, soit 24 min. 15 sec. La binodale est donc un peu plus longue que la moitié de l'uninodale, comme c'est le cas pour tous les lacs étudiés jusqu'ici, sauf pour le lac de Genève.

Kussnacht-Stansstad.

Après les données très satisfaisantes fournies par les stations de Fluelen et des Nases pour la détermination des mouvements fondamentaux du lac, uninodale et binodale, il y avait un certain intérêt à rechercher dans quelle mesure les bassins secondaires participent à ce mouvement général ou ont au contraire leur mode d'oscillation à part, à rechercher aussi si ces bassins secondaires peuvent, surtout lorsqu'ils présentent des

conditions favorables, comme le bras de Küssnacht à Stansstad, donner des oscillations normales à l'axe longitudinal du lac, sorte de seiches transversales dans le genre de celles que M. Forel a décrites comme telles à Morges (seiches de 10 minutes) seulement limitées ici par une sorte de chenal, au lieu de se produire comme ce serait le cas à Morges dans une zône très vaste qui ne présente pas des largeurs constantes et par conséquent pas des périodes identiques dans toutes ses parties.

Pour élucider la question du balancement probable Küssnacht-Stansstad il fallait deux appareils fonctionnant simultanément en ces deux stations. J'ai pu en effet, en acquérir un second qui avait été construit par la *Société genevoise* en même temps que ceux destinés à l'Italie et à la Bavière. A la demande de ses amis de Lucerne, M. Truttmann a bien voulu se charger de surveiller la marche de l'ancien instrument qui fut placé à Küssnacht et j'ai chargé de la garde de celui de Stansstad M. Jenny, mécanicien. Je tiens à les remercier l'un et l'autre du soin intelligent et constant qu'ils ont voué à ces observations[1].

Les appareils fonctionnent simultanément depuis le 1er juillet 1900. Dès le 4 juillet, le double tracé révèle des oscillations simultanées, de 18 minutes de durée, opposées aux deux stations (fig. 1. Pl. III) et dénotant

[1] L'appareil de Kussnacht a été placé dans un pavillon de bains dépendant de la « Kuranstalt » récemment créée et mis obligeamment à notre disposition par la direction, celui de Stansstad a été hospité très aimablement d'abord dans le pavillon de bains de l'Hôtel Winkelried, puis dans celui de l'Hôtel Freienhof et en dernier lieu dans une cabine pour bateaux sur le lac d'Alpnacht près de sa sortie dans le grand lac.

par ce fait un balancement uninodal entre elles, indépendant des autres mouvements du lac. Le 27 août, cette seiche a pris des proportions très exceptionnelles : je les représente à la fig. 2 de la Pl. III, le trait bleu étant le tracé de Küssnacht, le trait rouge celui de Stansstad. Ces oscillations qui ont atteint près de 30 cm. d'amplitude dans la première de ces deux stations sont parmi les plus belles qui aient été observées sur les lacs suisses. Les deux observateurs avaient été invités pour les cas intéressants à se mettre en rapport, à régler très exactement leurs montres et à noter l'heure fréquemment sur la courbe. La précision avec laquelle ils se sont acquittés de cette tâche permet de superposer exactement les deux courbes, comme nous l'avons fait dans la Planche III et de constater la parfaite alternance des deux tracés qui démontre bien qu'il s'agit ici d'une uninodale Kussnacht-Stansstad. L'amplitude du mouvement est plus grande à Küssnacht extrémité d'un bassin étroit et de peu de fond, plus faible à Stansstad golfe large et profond. Comme mesure de la durée nous avons :

27 Juillet 1900, de 10 h. 53 mat. à 7 h. 57 soir 30 oscill. en 544 min. pér. 18,13

Les 9 à 12 janvier il s'est produit à Kussnacht une seiche de moindre amplitude, mais d'une plus grande constance et se prêtant mieux à une mesure exacte de la période. On peut en effet ces jours-là suivre sur une sinusoïde très pure, ne présentant qu'un faible amortissement plus de 200 oscillations. Je note :

9 Janv. 1901 1 h. 47 soir au 12 Janv. 2 h. 40 mat. 200 oscill. en 3653 min. pér. 18,26

Le 24 août, il s'est produit une série très pure d'oscillations, de période moitié de celle-là (Pl. III, fig. 3)

24 Août 1900, 12 h. 3 mat. à 8 h. 5 m., 52 oscillations en 482 min. période 9,27

Le synchronisme avec Stansstad n'a pas été nettement établi dans ce cas, mais il s'agit évidemment de la binodale K.-S., qui ici encore aurait une période un peu plus longue que la moitié de l'uninodale.

Le limnographe de Stansstad a été transporté le 15 novembre de la rive du lac des Quatre-Cantons à peu de distance de là, de l'autre côté du petit isthme qui sépare ce lac de celui d'Alpnach. La concordance n'est plus la même entre les deux stations et les résultats obtenus jusqu'ici ne permettent pas de déterminer encore les relations qui existent entre les mouvements du grand lac et ceux du bassin secondaire relié à lui par un étroit passage. J'aurai à revenir sur ce point ainsi que sur la nature des mouvements à courte période 20, 11, 10, 9, 7, 5 minutes, qui se retrouvent dans les parties les plus distantes entre elles du lac et qui sont sans doute pour la plupart des subdivisions des périodes principales reconnues jusqu'ici.

QUELQUES COMPARAISONS

DES

PRINCIPAUX DIAMÈTRES, COURBES ET INDICES

ENTRE EUX ET PAR RAPPORT A LA

CAPACITÉ CRANIENNE, A LA COURBE ANTERO-POSTERIEURE, ETC.

DE 51 CRANES DE CRIMINELS

PAR LE

Dr Eugène PITTARD
privat-docent à l'Université de Genève

ET

Gabriel KITZINGER
de Fürth (Bavière)

AVANT-PROPOS.

En 1897, pendant un séjour au laboratoire d'Anthropologie de l'Ecole des Hautes-Etudes à Paris, mon éminent maître, M. le professeur Manouvrier, voulut bien me confier l'étude d'une série de 51 crânes de criminels français, provenant de la Nouvelle-Calédonie et donnés au laboratoire par M. le Dr Birolleau, médecin de la marine. Ces criminels étaient originaires d'endroits très différents de la France.

Précédemment, mon collègue au laboratoire, M. Georges Grant Mac Curdy, de Newhaven (U. S. A.)

avait étudié sur cette belle série le poids et la capacité du crâne, le poids de la mandibule, les indices crânio-mandibulaire, crânio-cérébral, etc., et publié le résultat de ses observations dans le *Bulletin de la Société d'Anthropologie de Paris*[1].

En ce qui me concerne, j'ai publié dans le même Bulletin ce qui est relatif aux caractères généraux exprimés par l'étude anthropométrique de ces crânes : indices, courbes, etc.[2].

Mais ce n'était là qu'une partie de la besogne. Un de mes élèves, M. Gabriel Kitzinger, a bien voulu reprendre cette étude au point de vue de quelques-unes des comparaisons qu'appelle l'examen des chiffres des différents segments crâniens. Il a dépouillé, pour cela, les chiffres de mes mensurations et a employé en partie ceux publiés par M. Grant Mac Curdy. Il a dû se livrer à de nombreux calculs, comme on pourra s'en rendre compte dans le cours de ce mémoire. Seuls les résultats en seront exprimés. La comparaison des indices des divers segments crâniens a été cherchée surtout par rapport à la capacité crânienne et à la courbe antéro-postérieure. Mais ce ne sont pas les seules.

Nous aurions pu chercher à établir des comparaisons avec des séries, de même quantité, formées de crânes de Français quelconques.

Pour cela, nous avions à notre disposition les chiffres

[1] Grant Mac Curdy. *Indices pondéraux du crâne.* Bull. Soc. Anthr. Paris, T. VIII, IVme série 1897.

[2] Eug. Pittard. *Etude de 51 crânes de criminels français provenant de la Nouvelle-Calédonie et comparaisons avec des crânes de Français quelconques.* Bull. Soc. Anthr. Paris. T. IX, 1898.

de Broca pour les crânes des Catacombes. Ces crânes proviennent d'une population formée d'éléments divers : la population de Paris. Et ils pouvaient, par cette raison même, être mis en parallèle avec les crânes des criminels français qui, eux aussi, nous l'avons dit, proviennent de divers points de la France. Quelques comparaisons ont été faites dans ce sens, au cours du travail qui nous est personnel et que nous citons ci-dessus (Etude de 51 crânes, etc...). Mais ici ces comparaisons auraient été incomplètes parce que nos mensurations sont plus nombreuses que celles qui figurent dans les registres de Broca.

Nous pouvons le dire dès maintenant, les conclusions de ce travail devront être considérées pour elles-mêmes. Sans doute, plusieurs des résultats auxquels nous sommes arrivés avaient déjà été exprimés à propos de crânes quelconques. Il n'est pas inutile de les confirmer. Appliquées à une série qui présente un tel intérêt que celle de ces crânes de criminels, nos recherches valaient la peine d'être entreprises. Elles pourraient être fructueusement rapprochées de celles qui seraient tentées plus tard dans les séries de mêmes qualités que la nôtre. D'autre part, nous comptons reprendre, à propos d'autres séries, et à titre d'étude de morphologie générale, quelques-unes des questions que les conclusions qui seront exprimées plus loin ont rapidement esquissées. E. P.

Tableaux de quelques indices principaux.

Il est impossible de rappeler ici tous les chiffres des mesures absolues prises sur ces 51 crânes de criminels

ni ceux des indices obtenus, non plus que les chiffres des capacités crâniennes. En premier lieu, nous exprimons simplement dans les trois tableaux qui vont suivre, les chiffres qui représentent les maximum, moyenne et minimum : 1° des rapports des diverses courbes et diamètres (les unes représentant les segments crâniens eux-mêmes) à la capacité crânienne ; 2° les rapports des mêmes segments à la courbe antéro-postérieure ; 3° enfin les rapports des deux diamètres du frontal au diamètre bizygomatique.

Tableau n° 1.

	Maximum	Moyenne	Minimum
Capacité crânienne	1835	1565.2	1280

INDICES PAR RAPPORT A LA CAPACITÉ CRANIENNE

	Maximum	Moyenne	Minimum
Courbe sous-cérébrale	1.95	1.20	0.71
» frontale	8.03	6.94	5.67
» pariétale	9.60	7.92	6.26
» occipitale cérébrale	5.96	4.44	3.38
» occipit. cérébelleuse	4.14	3.03	2.13
Diamètre frontal minimum	7.73	6.45	5.51
» frontal maximum	9.34	7.64	6.33
Diam. antéro-postérieur (D. A. P.)	13.90	11.64	10.32
» métopique (D. M.)	13.58	11.51	10.09
» transversal (D. T.)	11.09	9.19	8.10
Circonf. horizontale totale	38.64	33.12	29.61
Largeur du trou occipital	2.40	1.90	1.51
Longueur du trou occipital	2.91	2.26	1.76
Diamètre naso-basilaire (N. B.)	7.81	6.45	5.51

Tableau n° 2.

INDICES PAR RAPPORT A LA COURBE ANTÉRO-POSTÉRIEURE

	Maximum	Moyenne	Minimum
Courbe sous-cérébrale	7.05	5.08	3.15
» frontale	34.30	29.46	25.15
Les deux réunies	38.96	34.54	30.86
Courbe pariétale	38.14	33.76	29.02
» occipitale cérébrale	24.77	18.72	13.97
» occipitale cérébelleuse	15.92	13.02	9.94
» occipitale totale	35.65	31.74	28.89
Diamètre N. B.	31.27	27.31	14.21

Tableau n° 3.

$\frac{\text{front. min.} \times 100}{\text{Bi Zygomatique}}$	85.83	73.81	68.70
$\frac{\text{front. max.} \times 100}{\text{B. Z.}}$	102.27	91.87	70.54

Ces chiffres sont publiés pour ceux qui pourraient, à l'avenir, rechercher des comparaisons entre d'autres séries et la nôtre, et aussi pour permettre les comparaisons qu'on pourrait entreprendre avec les tableaux de chiffres figurant dans le cours de ce mémoire.

I

Variations des indices en fonction de la capacité cranienne décroissante

§ 1. *Méthode*. Pour envisager les variations auxquelles les différents indices peuvent être soumis, en fonction du décroissement de la capacité crânienne, nous avons divisé toute la série des 51 crânes de criminels, rangés d'après la capacité décroissante, en 5 groupes (de 10 et 11 crânes) et nous avons cherché

les moyennes de tous les indices dans chacune de ces 5 séries. Le parallèle des 5 moyennes de chaque indice peut fournir des renseignements sur la variation de chacun de ceux-ci (voir tableau N° 4). Mais ce procédé donne peu de résultats dans le présent cas, car quelques-uns des indices (par exemple celui de la courbe sous-cérébrale par rapport à la courbe antéro-postérieure) sont soumis à des variations trop grandes dans les deux sens en comparaison avec les variations de la capacité cranienne, car celle-ci est beaucoup plus constante.

Il fallait donc chercher un procédé plus capable de démontrer les variations, si elles existent, des différents indices, diamètres et courbes de nos 51 crânes en fonction de la capacité crânienne.

Nous croyons l'avoir trouvé en prenant pour base l'accroissement moyen des indices. De cette manière on peut démontrer le rapport de l'accroissement de la moyenne des indices de chaque groupe, par rapport à la moyenne des indices du groupe qui le précède. La moyenne de ces quatre rapports (sur 5 groupes) nous donne le rapport de l'accroissement moyen des indices dans la série totale. Ainsi (voir tableau N° 4), pour trouver le rapport d'accroissement de l'indice du diamètre frontal minimum à la capacité crânienne, nous avons les chiffres suivants :

5.79 5.98 6.24 6.50 6.91

qui représentent, chacun d'eux, la valeur moyenne de ce rapport à la capacité dans les cinq groupes considérés.

Les quatre rapports d'accroissement de nos cinq groupes sont :

(1) $\frac{5.98}{5.79} = 1.03$ (2) $\frac{6.24}{5.98} = 1.04$

(3) $\frac{6.30}{6.24} = 1.01$ (4) $\frac{6.91}{6.30} = 1.09$

La moyenne de ces quatre rapports est égale à 1.04.

Donc, le rapport de l'accroissement de l'indice du diamètre frontal minimum par rapport à la capacité crânienne est égal à 1 : 1.04.

Toutefois, si ce procédé, se basant sur l'accroissement moyen, peut servir aux comparaisons des variations des différents indices, il ne faut pas donner trop d'importance à la valeur absolue des rapports d'accroissement (par exemple 1 : 1.04, en ce qui concerne l'accroissement de l'indice du frontal minimum à la capacité crânienne). Ce procédé est trop sensible. Les résultats varient un peu, notamment si l'on partage la série en 10 groupes de 5 crânes au lieu de la partager en 5 groupes de 10 crânes comme nous l'avons fait.

§ 2. *Variations des indices par rapport à la capacité crânienne.* Dans le tableau N° 4 figurent les chiffres moyens des divers indices par rapport à la capacité crânienne de chacun des 5 groupes ci-dessus.

Tableau n° 4.

INDICES PAR RAPPORT A LA CAPACITÉ CRANIENNE

	Front. min.	Front. max.	D. A. P.	D. M.	D. T.	Circ. horiz. totale.	Larg. du tr. occipit.	Long. du tr. occipit.	N. B.	Capacité crânienne.
1 groupe	5.79	7.20	10.79	10.66	8.88	30.64	1.66	1.94	5.81	1737
2 »	5.98	7.53	11.27	11.16	8.81	32.24	1.87	2.17	6.15	1627
3 »	6.24	7.59	11.57	11.47	9.01	32.80	1.89	2.23	6.38	1575
4 »	6.30	7.59	11.88	11.76	9.00	33.66	2.02	2.28	6.67	1517
5 »	6.91	8.48	12.60	12.42	10.05	35.97	2.08	2.48	7.15	1389

Il en résulte qu'il existe un accroissement de chacun des indices.

Cet accroissement peut être exprimé d'après la méthode expliquée ci-dessus, dans le tableau suivant :

Tableau n° 5.

En fonction de la capacité cranienne décroissante

L'indice du frontal minimum	croît dans le	rapport de	1 : 1.04
» » maximum	»	»	1 : 1.045
» D. A. P.	»	»	1 : 1.04
» D. M.	»	»	1 : 1.04
» D. T.	»	»	1 : 1.03
» de la circ. horiz. tot.	»	»	1 : 1.04
» de la larg. du trou occip.	»	»	1 : 1.06
» de la long. du trou occip.	»	»	1 : 1.065
» de N. B.	»	»	1 : 1.05

Quant à la capacité crânienne, elle décroît dans le rapport de 1.056 : 1.

Plus instructif encore est le tableau suivant. Il montre les variations des différents diamètres mêmes, ainsi que la circonférence horizontale totale — en fonction de la décroissance de la capacité crânienne — et non plus, comme le tableau précédent, les variations des indices obtenus au moyen de ces diamètres. Ce rapport de variation de chaque diamètre est obtenu en divisant le rapport d'accroissement de son indice par 1.056 (chiffre trouvé comme indiquant le rapport de décroissance de la capacité crânienne).

Tableau n° 6.

EN FONCTION DE LA CAPACITÉ CRANIENNE DÉCROISSANTE

Le frontal minimum *décroit* dans le rapport de			....	1.015 : 1
» maximum	»	»	....	1.01 : 1
» D. A. P.	»	»	....	1.015 : 1
» D. M.	»	»	....	1.015 : 1
» D. T.	»	»	....	1.02 : 1
La circonf. horiz. tot.	»	»	....	1.015 : 1
La largeur du trou occipital *croît* dans le rapport de.				1 : 1.005
La longueur du trou occipital *décroît*		»	....	1.11 : 1
Le diamètre N. B.	»	»	....	1.006 : 1

Dans ce tableau, ce qui nous frappe avant tout, c'est la valeur relativement petite des variations des différents diamètres (ainsi que la circonférence horizontale totale) comparée à la variation de la capacité crânienne.

Ceci nous semble bien naturel si nous considérons la capacité crânienne comme une fonction du cube des grandeurs linéaires du crâne. Le rapport de décroissance de ces grandeurs linéaires devrait être égal à la racine cubique du rapport de décroissance de la capacité crânienne, donc égal à $1 : \sqrt[3]{1.056} = 1 : 1.02$, supposé que les variations de ces grandeurs linéaires correspondent à la variation de la capacité crânienne.

Donc, en considérant les indices par rapport à la capacité crânienne, nous constatons que ce sont surtout les variations de la capacité crânienne qui influent le plus sur les variations des indices.

En se basant sur ce chiffre 1.02 ci-dessus, nous

allons examiner les différents rapports de variations que nous avons obtenus :

1° La valeur des deux diamètres du frontal diminue avec la capacité crânienne décroissante, mais son affaiblissement semble être moins rapide que celui de la capacité (1.015 et 1.01 au lieu de 1.02).

2° Le diamètre frontal maximum est un peu plus grand par rapport au diamètre frontal minimum dans les petits crânes que dans les grands crânes.

3° Les diamètres D. A. P. et D. M. montrent la même variation décroissante que le frontal minimum.

4° Le rapport de décroissance de D. T. est exactement égal à 1 : 1.02.

5° De la grandeur des deux rapports de variations de D. M. (1.015) et de D. T. (1.02) il semble résulter que la valeur de l'indice céphalique diminue avec la valeur de la capacité décroissante.

(Cependant cela n'est que très légèrement le cas, comme on le verra plus loin.)

6° La circonférence horizontale totale et la longueur du trou occipital sont soumises à la même variation que le frontal minimum et les diamètres D. A. P. et D. M.

7° La largeur du trou occipital est, au contraire des autres diamètres, soumise à un léger accroissement. Les petites têtes semblent avoir un trou occipital un peu plus large que les grandes têtes.

8° La valeur de N. B. est à peu près indépendante de la capacité crânienne.

§ 3. *Variations des indices par rapport à la courbe antéro-postérieure.* Après avoir montré la variation des indices par rapport à la capacité crânienne, il est peut-

être utile d'envisager les variations des indices par rapport à la courbe antéro-postérieure, en fonction de la capacité crânienne décroissante. Les mêmes groupes que ci-dessus reparaissent.

Tableau n° 7.

INDICES PAR RAPPORT A LA COURBE ANTÉRO-POSTÉRIEURE.

	Courbe sous-cérébrale.	Courbe frontale.	Courbe pariétale.	Courbe occipit. cérébrale.	Courbe occipit. cérébelleuse.	Diamètre N. B.
1 groupe	4.93	30.39	33.52	18.52	12.89	25.98
2 »	4.96	30.15	32.91	19.60	12.39	26.96
3 »	4.73	28.93	34.63	18.36	13.40	27.22
» »	5.15	29.23	34.27	18.79	12.58	27.80
5 »	5.59	28.48	33.55	19.01	13.37	28.48

Ces chiffres d'indices ont servi à calculer les rapports qui figurent au tableau suivant :

Tableau n° 8.

En fonction de la capacité cranienne décroissante

L'indice de la courbe	sous-cérébrale *croît* dans le rapport de.	1 : 1.035
» »	frontale *décroît* »	1.016 : 1
» »	pariétale reste constant dans le rap.....	1 : 1
» »	occipitale cérébrale *croît* »	1 : 1.01
» »	occip. cérébelleuse » »	1 : 1.01
» du diamètre N. B........	» »	1 : 1.02

Un calcul à part a montré que la courbe antéro-postérieure même diminue comme 1.015 : 1, donc au même degré que la circonférence horizontale totale, le diamètre antéro-postérieur, le diamètre métopique, le frontal minimum (voir tableau N° 6). Le tableau N° 8 permet d'émettre les conclusions que voici :

1° La valeur de la courbe pariétale reste constante par rapport à la courbe antéro-postérieure totale dans les différentes capacités.

2° Les deux segments de l'occipital augmentent un peu par rapport à la courbe antéro-postérieure totale, dans les petits crânes.

3° Ce qui est frappant, c'est que la courbe sous-cérébrale s'accroît aux dépens de la courbe frontale dans les crânes de petites capacités.

4° Le diamètre N. B. augmente aussi légèrement.

§ 4. *Variations du rapport des deux diamètres du frontal à la largeur de la face.* Quant aux rapports des deux diamètres du frontal au diamètre bizygomatique ils sont :

Tableau n° 9.

INDICES PAR RAPPORT A B. Z.

	Frontal minimum.	Frontal maximum.
1 groupe	74.15	90.84
2 »	73.21	94.25
3 »	74.83	92.95
4 »	73.68	91.79
5 »	73.18	89.73

Du calcul que nous avons fait il résulte que ces deux indices restent constants. Donc, le rapport de ces deux diamètres au bizygomatique est indépendant de la capacité crânienne.

II

La courbe sous-cérébrale, la courbe frontale et la capacité cranienne.

Le fait que la courbe sous-cérébrale s'accroît au détriment de la courbe frontale vraie dans les crânes de

petites capacités nous semble assez important pour que nous en fassions l'objet d'une étude à part.

§ 1. *Variations en fonction de l'indice :*

$$\frac{\text{Courbe sous-cérébrale} \times 100}{\text{C. A. P.}}$$

décroissant. Dans ce but, nous avons ordonné la série d'après l'indice de la courbe sous-cérébrale par rapport à la courbe antéro-postérieure ; cet indice ordonné lui-même par ordre décroissant et nous avons envisagé :

1° Les variations auxquelles peut être soumis l'indice de la courbe frontale vraie par rapport à la courbe antéro-postérieure.

2° Les variations de la capacité crânienne, en partageant notre série en 5 groupes de 10 et 11 crânes. Ceci nous fournit le tableau suivant :

(On a laissé de côté dans le deuxième groupe un crâne de capacité = 1800 cc³ qui eût troublé l'ordre dans la variation. Cette capacité est assez exceptionnelle pour justifier ce procédé).

Tableau n° 10.

	Indice $\frac{\text{C. s-cérébr.}}{\text{C. ant. post}}$	Indice $\frac{\text{C. frontale}}{\text{C. ant. post.}}$	Cap. crânien
1 groupe	6.23	28.03	1467
2 »	5.59	28.78	1575
3 »	5.44	29.42	1574
4 »	4.72	30.27	1583
5 »	3.73	30.79	1629
Variation moyenne :	Décroissement 1.14 : 1	Accroissement 1 : 1.02	Accroissement 1 : 1.03

Ce tableau nous amène aux mêmes conclusions que celles que nous avons déjà exprimées dans les pages précédentes :

L'accroissement de l'indice de la courbe sous-cérébrale par rapport à la courbe antéro-postérieure a lieu aux dépens de l'indice de la courbe frontale vraie dans les crânes de petites capacités.

§ 2. *Variations en fonction de la longueur de la courbe sous-cérébrale décroissante.* Nous avons aussi tenté le parallèle entre la valeur absolue de la courbe sous-cérébrale, de la courbe frontale et de la capacité crânienne, en rangeant la série d'après la longueur de la courbe sous-cérébrale décroissante, ce qui nous a fourni les termes du tableau N° 11.

La première série de ce tableau est fournie par les crânes qui possèdent une longueur de la courbe sous-cérébrale dépassant 21 millimètres (il y a 7 crânes). La dernière série est composée par les crânes qui possèdent une courbe sous-cérébrale moindre de 16 millimètres. Quant aux autres séries, chacune d'elles contient des crânes dont la courbe sous-cérébrale est la même chez tous. A la vérité le sixième groupe est un peu faible, néanmoins il se tient bien à sa place.

Tableau n° 11.

Nombre de crânes dans chaque série.	Longueur moyenne de la C. s.-cérébr. dans chaque groupe.	Longueur moyenne de la C. frontale dans chaque groupe.	Moyenne de la capac. crânienne dans chaque groupe.
7	23.5	104	1532.5
5	21	105	1548
12	20	105	1532
5	19	107	1570
6	18	110	1562
2	17	113	1540
5	16	113	1622
9	13	115	1618

Ce tableau doit être immédiatement suivi d'un autre qui montre la série ordonnée d'après la longueur de la courbe sous-cérébrale décroissante, divisée en 5 groupes égaux. Il peut mieux servir à envisager les variations auxquelles les trois grandeurs en question sont soumises.

Tableau n° 12.

	Courbe sous-cérébrale.	Courbe frontale vraie.	Capacité crânienne.
1 groupe	22.8	104.9	1548
2 »	20.2	105.2	1489
3 »	19.3	105.9	1594
4 »	17.2	112.0	1575
5 »	13.7	115.6	1612
Variation	Décroissance	Croissance	Croissance
moyenne	1.14 : 1	1 : 1.025	1 : 1.01

Ce tableau nous montre premièrement l'accroissement de la courbe frontale vraie au fur et à mesure du décroissement de la courbe sous-cérébrale.

Quant au parallèle de la longueur de la courbe sous-cérébrale à la valeur de la capacité crânienne, il faut se rappeler que la première est une grandeur linéaire pendant que la seconde est une grandeur cubique.

Donc si, dans notre série, la variation de la capacité crânienne correspondait à la variation de la courbe sous-cérébrale, elle devrait être soumise à une décroissance de 1 : $1.14^3 : 1 = 1.48 : 1$. Cependant la capacité crânienne, croît, au contraire, dans le rapport de 1 : 1.01.

Ceci est non seulement une troisième vérification de ce que nous avons déjà trouvé par rapport a la variation des indices des deux courbes sous-cérébrale et frontale, mais ce résultat nous permet encore une conclusion quant à la valeur absolue de ces deux courbes en fonction de la capacité crânienne.

1° Dans notre série la courbe sous-cérébrale semble être plus grande — en valeur absolue — dans les crânes de petites capacités que dans les crânes de grandes capacités.

2° La courbe frontale vraie est plus grande d'une manière absolue et d'une manière relative dans les grands crânes que dans les petits, et son accroissement va plus vite que l'accroissement de la capacité crânienne. En d'autres termes, le rapport de la courbe frontale vraie à la capacité crânienne est plus grand dans les crânes de grandes capacités que dans les crânes de petites capacités.

III

Variations en fonction de l'indice céphalique accroissant

§ 1. *Variations de la capacité crânienne.* Le parallèle entre l'indice céphalique et la capacité crânienne fera le sujet de ce qui va suivre :

Les 51 crânes de criminels français étant rangés d'après la valeur croissante de leur indice céphalique il est intéressant d'envisager les variations auxquelles la capacité crânienne peut être soumise au fur et à mesure de cet accroissement de l'indice céphalique.

Tableau n° 13.

Nombre de crânes.	Groupes basés sur la valeur de l'indice céphalique.	Moyenne de l'ind. céphalique.	Moyenne de la capac. crânienne.
9	dolichocéphales	72.62	1546
9	sous-dolichocéphales	76.39	1575
14	mésaticéphales	78.84	1593
11	sous-brachycéphales	81.52	1543
8	brachycéphales	85.72	1558

Le tableau suivant est plus apte à nous fournir des renseignements. Il contient les crânes de la même série, ordonnés toujours d'après la valeur croissante de leur indice céphalique, mais partagés en 5 groupes égaux.

Tableau n° 14.

	Moyenne de l'indice céphalique	Moyenne de la capac. crânienne.
Les 10 plus dolichocéphales	72 90	1543.5
» » suivants	76.81	1586
» » »	78.80	1600
» » »	80.98	1545
» 11 plus brachycéphales	84.77	1554
Accroissement moyen	1 : 1.04	1 : 1.002

Il résulte de ces chiffres un accroissement moyen de l'indice céphalique dans le rapport de 1 : 1.04 et de la capacité crânienne comme 1 : 1.002. Donc, la capacité crânienne semble rester à peu près constante pendant que l'indice céphalique varie[1].

Pour mieux envisager ce que nous venons d'examiner, nous pouvons nous servir de l'indice crânio-cérébral (rapport du poids à la capacité) en laissant de côté tous les crânes dont l'indice crânio-cérébral (études de M. Grant Mac Curdy) est représenté par un chiffre au-dessous de 35 ou au-dessus de 45. Ceci est justifié,

[1] Tappeiner vient de montrer que, dans les crânes anciens (moyen âge probablement ?), qui proviennent des ossuaires du Tyrol, la capacité crânienne augmente en même temps que l'indice céphalique, dans les deux sexes, notamment dans les crânes masculins. (*Die Capacität der Tiroler Schädel, in der Zeitschrift für Ethnologie*, t. XXXI, 1899). Ce serait opposé à ce que nous avons constaté dans notre série.

si l'on considère l'indice céphalique comme une fonction des dimensions extérieures du crâne et non pas des dimensions intérieures, car en procédant de cette façon nous éliminons tous les crânes chez lesquels l'extension externe ne correspond plus à la surface intérieure (capacité vraie) à cause de l'épaisseur trop grande ou trop petite des os. Nous constatons alors, dans la série qui subsiste, que la capacité crânienne est soumise, dans notre série, à une légère décroissance dans le rapport de 1.005 : 1.

Le calcul nous indique de nouveau que la capacité crânienne semble être à peu près indépendante de l'indice céphalique, avec cependant une légère tendance à diminuer, pendant que l'indice céphalique s'accroît.

§ 2. *Variations des indices par rapport à la capacité crânienne.* Dans les pages qui vont suivre, nous avons envisagé les variations auxquelles les indices des différentes courbes et diamètres par rapport à la courbe antéro-postérieure ou à la capacité crânienne, peuvent être soumis pendant l'accroissement de la valeur de l'indice céphalique.

Nous avons ordonné les 51 crânes de criminels d'après la valeur croissante de l'indice céphalique. La série totale a été partagée de la manière suivante : En premier lieu nous avons groupé les crânes en dolichocéphales, sous-dolichocéphales, mésaticéphales, etc., d'après la nomenclature de Broca. Mais en même temps, pour pouvoir calculer le rapport de variation des indices des différentes courbes et diamètres, suivant l'accroissement de l'indice céphalique, il fallait

aussi opérer le partage de la série en 5 groupes égaux de 10 et 11 crânes. Le premier groupe renferme les crânes les plus dolichocéphales, le dernier les crânes les plus brachycéphales.

Nous aurons donc deux tableaux (Nos 15 et 16) dans lesquels figurent tous les indices, le premier groupant les crânes d'après la nomenclature de Broca, le second les groupant par séries de 10 et 11 à commencer par les plus dolichocéphales. Nous considérerons en premier lieu les indices *par rapport à la capacité crânienne.*

Tableau n° 15.

Indices par rapport à la cap. crânienne des :	Frontal minimum.	Frontal maximum.	D. A. P.	D. M.	D. T.	Circ. horiz. totale.	Larg. du trou occip.	Long. du trou occip.	N. B.
Dolichocéphales	6.06	7.43	12.01	11.93	8.80	33.14	1.96	2.25	6.68
Sous-dolichocéph.	6.28	7.64	12.05	11.69	9.02	33.23	1.91	2.19	6.45
Mésaticéphales	6.19	7 58	11.30	11.38	9.08	32.77	1.85	2.15	6.29
Sous-brachycéph.	6.33	7.83	11.54	11.41	9.21	33.34	1.92	2.28	6.52
Brachycéphales	6.46	8.04	11.40	11.31	9.97	33.28	1.91	2.24	6.37

Tableau n° 16.

Indices par rapport à la cap. crânien.	Frontal minimum.	Frontal maximum.	D. A. P.	D. M.	D. T.	Circ. horiz. totale.	Long. du trou occip.	Larg. du trou occip.	N. B.
1 groupe.	6.07	7.48	12.02	11.93	8.83	33.22	2.26	1.98	6.67
2 »	6.29	7.62	11.72	11.60	8.91	33.04	2.19	1.87	6.39
3 »	6.20	7.67	11.48	11.35	9.16	32.71	2.15	1.85	6.29
4 »	6.28	7.66	11.59	11.46	9.25	33.40	2.27	1.94	6.43
5 »	6.43	8.00	11.41	11.27	9.71	33.22	2.23	1.88	6.46
Variation:	1:1.015	1:1.017	1.011:1	1.015:1	1:1.024	1:1	1.004:1	1.014:1	1.008:1

Nous avons laissé de côté tous les indices des divers segments de la courbe antéro-postérieure par rapport à la capacité crânienne. Les variations de ces rapports correspondent aux variations des indices des mêmes

segments par rapport à la courbe antéro-postérieure elle-même, puisque nous avons montré que la capacité crânienne est à peu près indépendante de la variation de l'indice céphalique.

Comme la capacité crânienne reste constante pendant l'accroissement de l'indice céphalique, on peut conclure directement, de la variation que présentent les indices des diamètres et des courbes par rapport à la capacité crânienne, à la variation de ces diamètres et de ces courbes mêmes.

Les chiffres qui figurent dans les deux tableaux 15 et 16 nous permettent d'exprimer les conclusions suivantes :

1° Les deux diamètres du frontal sont soumis à un accroissement pendant l'accroissement de l'indice céphalique. On en peut conclure, que cet os est plus large chez les brachycéphales de notre série (ce qui d'ailleurs paraît naturel — on le sait déjà pour ce qui concerne les crânes quelconques).

2° La décroissance du diamètre antéro-postérieur et du diamètre métopique — ainsi que l'accroissement du diamètre tranversal — sont naturels puisque c'est justement la variation de ces grandeurs qui détermine le caractére « céphalique » du crâne.

3° Le rapport des deux rapports de variation du diamètre transversal et du diamètre métopique donne exactement le rapport d'accroissement de l'indice céphalique dans notre série (1.024 : 1.015 = 1.04). Ce qui est à remarquer, c'est que l'accroissement du diamètre transversal influence beaucoup plus que la décroissance du diamètre antéro-postérieur la variation de l'indice céphalique.

4° La grandeur de la circonférence horizontale totale semble être indépendante de l'indice céphalique.

5° La grandeur du trou occipital décroît un peu dans la série. C'est la largeur du trou occipital qui décroît plus vite que la longueur. Les crânes brachycéphales semblent avoir un trou occipital un peu plus petit et surtout moins large que les crânes dolichocéphales.

6° Le diamètre N. B. semble être un peu plus petit dans les crânes brachycéphales,

§ 3. *Variations des indices par rapport à la courbe antéro-postérieure.* Dans les deux tableaux suivants (Nos 17 et 18) nous indiquerons la valeur à laquelle sont soumis les indices des diamètres et courbes, par rapport à la courbe antéro-postérieure en fonction de l'accroissement de l'indice céphalique.

Tableau n° 17.

Indices par rapport à la courbe A. P. des courbes et diamètres suivants :	Courbe s.-cérébr.	Courbe frontale.	Courbe pariétale	Courb. occ. cérébrale.	Courb. occ. cérébell.	N. B.
Dolichocéphales	4.97	29.12	35.21	18.28	12.30	28.03
Sous-dolichocéph.	5.25	28.88	33.98	18.53	13.54	27.03
Mésaticéphales	4.78	29.46	34.29	18.34	13.25	26.67
Sous-brachycéph.	5.39	29.44	32.85	19.67	12.66	27.96
Brachycéphales	5.03	30.73	32.68	18.78	12.89	27.21

Tableau n° 18.

Indices par rapport à la courbe A. P. des courbes et diamètres suivants :	Courbe s.-cérébr.	Courbe frontale.	Courbe pariétale.	Courb. occ. cérébrale.	Courb. occ. cérébell.	N. B.
1 groupe	5.17	28.74	35.13	18.52	12.48	27.91
2 »	4.875	29.62	33.99	18.09	13.55	26.97
3 »	4.81	28.90	34.34	18.69	13.36	26.77
4 »	5.47	29.27	33.33	19.28	12.60	27.24
5 »	5.01	30.77	32.58	19.00	13.79	27.74
Variation :	1.01:1	1:1.017	1.02:1	1:1.006	1:1.027	1:1

Il faut prendre en considération que la courbe antéro-postérieure même diminue comme 1.015 : 1 pendant l'accroissement de l'indice céphalique, ainsi qu'un calcul à part l'a montré.

Dès lors il est intéressant de rechercher de quelle manière les différents segments de la courbe antéro-postérieure prennent part à cette décroissance chez les brachycéphales. D'après les tableaux ci-dessus, il semble que le segment frontal et la courbe occipitale-cérébelleuse, augmentent chez les crânes brachycéphales, surtout la courbe occipitale-cérébelleuse ; car les rapports d'accroissement de leurs indices sont plus grands que le rapport de décroissance de la courbe antéro-postérieure.

Il en résulte que c'est surtout la décroissance du segment sous-cérébral et du segment pariétal qui influe le plus la décroissance de la courbe antéro-postérieure chez les crânes brachycéphales.

Remarquons encore que la courbe frontale vraie semble augmenter aux dépens de la courbe sous-cérébrale — et que la courbe occipitale cérébelleuse semble aussi augmenter aux dépens de la courbe occipitale cérébrale, chez les brachycéphales de notre série de 51 crânes de criminels.

Le rapport du diamètre N. B. à la courbe antéro-postérieure, semble être indépendant de la valeur de l'indice céphalique.

§ 4. *Variations du rapport des deux diamètres du frontal à la largeur de la face.* Il nous reste à examiner les indices des deux diamètres du frontal par rapport au diamètre bizygomatique ; leurs variations sont indi-

quées dans les deux tableaux suivants qui rappellent, comme ordonnance, les six tableaux qui précèdent :

Tableau n° 19.

	Frontal min. / Bizygomatique	Frontal max. / B. Z.
Dolichocéphales	74.35	91.06
Sous-dolichocéphales	73.73	93.79
Mésaticéphales	74.59	92.84
Sous-brachycéphales	73.36	92.73
Brachycéphales	72.64	88.72

Tableau n° 20.

	Frontal min. / B. Z.	Frontal max. / B. Z.
1 groupe	74.32	91.51
2 »	73.70	92.92
3 »	74.97	93.01
4 »	73.73	93.90
5 »	72.79	88.99
Variation :	1.005 : 1	1.007 : 1

Il semble résulter de ces tableaux 19 et 20 et des calculs faits d'après leurs chiffres, que, dans les crânes brachycéphales, le diamètre frontal minimum augmente par rapport au diamètre bizygomatique, aux dépens du diamètre frontal maximum.

Résumé

Toutes les comparaisons exposées ci-dessus, nous ont fourni un certain nombre de conclusions. Nous allons essayer de les résumer rapidement, en rappelant les réserves indiquées au début de ce mémoire :

que plusieurs de ces faits ont déjà été reconnus à propos de séries composées de crânes quelconques.

Dans la série des 51 crânes de criminels français, qui fait l'objet de ce mémoire :

I. La capacité crânienne en général peut-être considérée comme une fonction du cube des dimensions linéaires du crâne. Cependant, seul, le diamètre transversal (D. T.) semblerait susceptible de fournir une mesure de la capacité crânienne puisque son décroissement seul correspond à la décroissance de la capacité.

II. Il y a, au contraire, d'autres dimensions, desquelles ne dépendent pas la capacité crânienne, en particulier le diamètre N. B.

III. Certains diamètres augmentent au fur et à mesure de la décroissance de la capacité crânienne, en particulier la largeur du trou occipital.

IV. Le segment sous-cérébral (de la courbe antéro-postérieure) est plus grand dans les crânes de petites capacités que dans les crânes de grandes capacités.

V. Le segment frontal, au contraire, est plus grand dans les crânes de grandes capacités et il croît plus vite que la capacité crânienne. — En d'autres termes, un fort développement de la courbe sous-cérébrale et un faible développement corrélatif de la courbe frontale vraie, semblait être la caractéristique des crânes de petites capacités.

VI. Il n'existe, dans notre série, aucune relation entre l'indice céphalique et la capacité crânienne.

VII. Le caractère de la brachycéphalie est produit,

beaucoup plus par une augmentation de D. T. que par un décroissement de D. A. P.

VIII. Suivant les divers diamètres et segments du crâne, il en est qui semblent être indépendants de l'indice céphalique, comme il en est d'autres qui paraissent y être liés. Par exemple :

Les deux diamètres transversaux du frontal sont plus grands dans les crânes brachycéphales que dans les crâne dolichocéphales.

La forme du trou occipital paraît suivre une marche contraire à celle que la forme du crâne semblerait devoir lui donner : le trou occipital est plus large dans les crânes dolichocéphales que dans les crânes brachycéphales, pendant que sa longueur est à peu près indépendante de la valeur de l'indice céphalique.

IX. La courbe A. P. diminue assez fortement pendant que s'accroît l'indice céphalique, mais les divers segments de cette courbe diffèrent beaucoup, dans leurs variations réciproques, pendant cette décroissance de la courbe antéro-postérieure totale. Ainsi :

La courbe occipitale cérébrale reste à peu près constante.

La courbe sous-cérébrale et la courbe pariétale augmentent.

La courbe frontale vraie et la courbe occipitale cérébelleuse, au contraire, diminuent.

On peut donc dire qu'un fort développement de la courbe frontale et un faible développement de la courbe sous-cérébrale, ainsi qu'un fort développement de la courbe occipitale cérébelleuse et un faible développe-

ment de la courbe occipitale cérébrale sont — dans notre série — les caractères des crânes brachycéphales [1].

X. La valeur de la capacité crânienne n'influence aucunement le rapport des deux diamètres transversaux du frontal au diamètre B. Z.

XI. Dans les crânes brachycéphales la valeur du diamètre frontal minimum augmente, par rapport à B. Z. Cette augmentation a lieu aux dépens du frontal maximum.

XII. Le diamètre frontal maximum est un peu plus grand, par rapport au diamètre frontal minimum dans les petits crânes que dans les grands crânes.

[1] Dans une étude de crânes anciens provenant de la vallée du Rhône, l'un de nous a trouvé les mêmes résultats : les crânes brachycéphales ont les régions sous-cérébrale, pariétale et occipitale cérébrale moins développées que les crânes dolichocéphales, ce qui, d'ailleurs a déjà été démontré pour d'autres séries. (Pittard. *Etudes de diverses séries de crânes anciens de la vallée du Rhône, Valais)*. Genève, Georg et Ce 1899 et *Rev. Ecole, Anthrop.*, Paris, 1900.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

Dr B. WEINSTEIN. LES COURANTS TERRESTRES SUR LES RÉSEAUX TÉLÉGRAPHIQUES ALLEMANDS. In-8, 78 p. et atlas de 15 pl., in-4. Brunswick, F. Vieweg, 1900.

En 1881, à l'instigation de Werner Siemens, une commission de l'Électrotechnischer Verein entreprit une étude approfondie des courants terrestres. Le mémoire de M. Weinstein résume les observations faites de 1882 à 1887 sur deux lignes télégraphiques souterraines entre Berlin et Thorn d'une part et entre Berlin et Dresde d'autre part, c'est-à-dire dans deux directions à peu près rectangulaire. L'auteur y montre d'une manière très intéressante la régularité de la marche diurne moyenne du phénomène et les relations étroites qui se manifestent entre les variations des courants et celles du magnétisme terrestre. C. S.

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

O. KYM. — SUR QUELQUES BENZAZOLS ET SUR LES MATIÈRES COLORANTES QUI EN DÉRIVENT (*Berichte* t. XXXIII, p. 2847; Zurich, Université).

L'auteur étudie l'influence de la position du groupe azoïque dans les benzazols sur la couleur et l'affinité pour le coton de leurs produits de copulation : il a préparé un certain nombre d'isomères qu'il a déjà décrits et il y a ajouté depuis, l'éther o-nitrophénylique de l'acide

p-nitrobenzoïque, ainsi que la p-nitrobenzoïle-o-nitraniline.

Les amidobenzazols ont été diazotés et copulés soit avec l'acide β naphtoldisulfonique, soit avec l'α naphtol et l'auteur donne en un tableau la caractéristique des colorants obtenus. Il résulte de ses recherches que la position du groupe azoïque dans les benzazols est sans grande influence sur l'affinité pour le coton des colorants dérivés par copulation ; cependant les matières colorantes copulées dans le noyau α phénylique se fixent sur coton en nuances un peu plus foncées que leurs isomères. Le groupe azoïque fixé au noyau α phénylique influence la nuance en la rendant plus intense et plus bleue que ne le fait le groupe azoïque fixé au noyau benzazolique.

Lorsque, soit le noyau α phénylique, soit le noyau benzazolique renferment un groupe azoïque, la nuance devient beaucoup plus foncée et l'affinité pour le coton s'accroît dans la même proportion.

St. von Kostanecki et J. Steuermann. Sur la 1.3.3' Trioxyflavone. (*Berichte*, t. XXXIV, p. 109; Berne).

Le nouveau dérivé de la flavone préparé par les auteurs, la 1.3.3' *Trioxyflavone* constitue un isomère de l'apigénine. Pour l'obtenir ils ont d'abord condensé l'éther triméthylique de la phloracétophénone avec l'éther éthylique de l'acide *m*-éthoxybenzoïque, en présence de sodium, ce qui leur a fourni la 2-4-6 *triméthoxy*-3' *éthoxybenzoylacétophénone* $(CH^3O)_3\ C^6H^2.CO.\ CH^2.CO\ C^6H^4.OC^2H^5$. Ce dérivé cristallise en feuillets faiblement colorés en jaune et fond à 100-101°; sa solution alcoolique est colorée en rouge-foncé par addition de perchlorure de fer. En introduisant cette β dicétone, à chaud, dans HI de D = 1.7, il y a fermeture de la chaine et transformation en 1.3 *diméthoxy* - 3' *éthoxyflavone*.

$$\overset{1.3}{(CH^3O)_2}\ C^6H^2 \begin{cases} O \diagdown C.\ C^6H^4.\ OC^2H^5 \\ \qquad\quad | \\ CO \diagup CH \end{cases}$$

laquelle cristallise dans l'alcool en aiguilles fines et soyeuses, fusibles à 151-152°. En faisant bouillir pendant plusieurs heures ce dérivé avec HI concentré, on obtient enfin la 1.3.3' *Trioxyflavone* que l'on peut aussi préparer directement au moyen de la β dicétone en la faisant bouillir pendant plusieurs heures avec HI de D = 1.96. Cette trioxyflavone, à l'inverse de l'apigénine, est facilement soluble dans l'alcool ; elle cristallise de l'alcool étendu en aiguilles microscopiques, fusibles à 299°. Elle se dissout facilement dans la lessive de soude avec une coloration jaune-pâle : sa solution alcoolique est colorée en rouge par addition de perchlorure de fer ; elle ne se fixe pas sur le coton mordancé. Son *dérivé triacétylé* $C^{15}H^{7}O^{2}\,(O.CO.CH^{3})_{3}^{1.3.3'}$ est en aiguilles blanches, fusibles à 165-166°.

ZOOLOGIE

Dr H. Fischer-Sigwart. Fauna Helvetica. Cahier 5 δ. Les poissons. — K.-J. Wyss, Berne, éditeur.

La Société zoologique a pris l'heureuse initiative d'une publication bibliographique donnant un répertoire de tous les travaux concernant les faunes de la Suisse. La partie de ce travail qui se rapporte aux poissons, due à M. le Dr Fischer-Sigwart, vient de paraître et nous la signalons à nos lecteurs, croyant qu'elle est appelée à rendre de grands services à tous ceux qui s'intéressent à l'étude des poissons.

Ce catalogue bibliographique est divisé en neuf parties : 1° Publications générales. 2° Pisciculture artificielle. 3° Faunes des pays voisins. 4° Faunes des lacs alpins et faune générale des lacs suisses. 5° Faunes helvétiques. 6° Faunes régionales. 7e Poissons fossiles. 9° Etudes d'espèces spéciales. 9. Physostomes.

Notons enfin que ce répertoire contient non seulement l'ensemble des travaux se rapportant aux poissons de notre pays mais encore un grand nombre de publications d'auteurs suisses se rapportant à des faunes d'autres régions.

C. Sar.

COMPTE RENDU DES SÉANCES
DE LA SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE
DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 2 novembre 1899.

R. Weber. Présentation de quelques radiographies et d'un phonographe. — F. Tripet. Une plante nouvelle pour la flore suisse.

M. R. Weber, prof., fait circuler des *radiographies* de la main d'un individu ayant reçu une décharge de grenaille. Puis il présente et décrit à la Société un phonographe donné par M. Haller au cabinet de physique de l'Académie.

M. F. Tripet, prof. *Une plante nouvelle pour la flore suisse (Vicia Orobus, DC.)*. Pendant une course de la Société suisse de botanique à La Brévine. Ceux qui y ont pris part ont eu l'heureuse fortune de découvrir aux Prés-Rolliers une plante qui n'avait pas encore été trouvée en Suisse. Toute la région du canton de Neuchâtel située entre les Verrières, les Bayards, la Brévine et le Doubs a été insuffisamment explorée et réserve encore bien des surprises aux botanistes. Charles-Henri Godet, le savant auteur de la *Flore du Jura*, le Dr Lerch, le Dr Morthier, V. Andreae et l'auteur de la communication y ont herborisé plus d'une fois, mais il faudrait y faire de nombreuses visites pendant les mois d'été pour se rendre compte de la richesse de ces prairies du haut Jura, situées à une altitude de 1100 à 1200 mètres, dans lesquelles les plantes les plus intéressantes abondent, tandis qu'elles sont rares partout ailleurs en Suisse.

Le *Vicia Orobus DC.* avait d'abord reçu de Linné le

nom d'*Orobus sylvaticus*, mais, comme le fait judicieusement observer Augustin-Pyramus de Candolle dans le sixième volume de sa *Flore française*, Paris 1815, cette plante ressemble tellement à la Vesce multiflore, qu'il est impossible de ne pas la placer dans le même genre, et il l'a nommée *Vicia Orobus* pour rappeler son premier nom. Au reste, voici la description des caractères extérieurs de cette belle espèce : Tiges nombreuses, droites et dressées, de deux à quatre décimètres, plus ou moins recouvertes de poils mous. Feuilles composées, sans impaire, terminées non par une vrille mais par une courte pointe, à 6-14 paires de folioles oblongues et mucronées ; stipules larges, hastées, entières ou dentées à la base externe. Fleurs nombreuses, en grappe serrée dépassant la feuille, blanches, veinées et maculées de violet. Gousses glabres et jaunâtres à la maturité.

La plante fleurit en juillet et les graines mûrissent en septembre.

Suivant Nyman, cette papilionacée se trouve en Angleterre, dans la Norvège méridionale, le Jutland, le Schleswig, les Pyrénées, l'Auvergne et le nord de la Bavière, contrées auxquelles on peut maintenant ajouter le Jura neuchâtelois. Elle n'est nulle part commune.

Séance du 16 novembre.

E. Le GrandRoy. Sur la résolution de trois équations transcendantes — O. Billeter. La théorie de la dissociation électrolytique.

M. Le GrandRoy, prof. expose la *méthode de résolution de 3 équations transcendantes*. La 1re, empruntée à la mécanique horlogère, est $\frac{1}{\sin x} - \frac{\cos x}{x} = \sqrt{2}$.

On peut l'écrire

$$x - \sin x \cos x = \sqrt{2}.\, x \sin x$$

ou

$$2\,x - \sin 2\,x = 2\sqrt{2}.\, x \sin x.$$

En remplaçant chaque sinus par les 2 premiers termes de son développement, on obtient

$$\frac{2x^3}{3} = \sqrt{2}.x^2 - \frac{\sqrt{2}.x^4}{6}$$

ou, en négligeant la racine double $x = 0$,

$$\sqrt{2}.x^2 + 4x - 6\sqrt{2} = 0$$

d'où, x_0 désignant la valeur approchée de x,

$$x_0 = \frac{\sqrt{28} - 2}{\sqrt{2}}, \text{ ou en secondes, } x_0 = 133°21'10''$$

Remplaçant alors x par $x_0 + z$, prenant $\sin z = z$, $\cos z = 1$, et négligeant z^2, on obtient

$$z = \frac{x_0 - \sin x_0 \cos x_0 - \sqrt{2}.\, x_0 \sin x_0}{\sqrt{2} \sin x_0 + \sqrt{2}.\, x_0 \cos x_0 + \cos 2\, x_0 - 1}$$

formule qui, par approximations successives, donne assez rapidement la véritable valeur, $x = 121°6'48''$.

La 2[de] est l'équation de la courbe mortalité $y = ae^{be^{cx}}$, dans laquelle y désigne le nombre de vivants d'âge x nés le même jour, e la base des logarithmes népériens, et a, b, c des constantes à déterminer d'après les données de l'expérience. Le calcul est possible à condition de choisir 3 valeurs de x en progression arithmétique. Soient x, x', x'' ces 3 valeurs, y, y', y'' les nombre de vivants correspondants. On a les équations

$$(1) \qquad \begin{cases} y = ae^{be^{cx}} \\ y' = ae^{be^{cx'}} \\ y'' = ae^{be^{cx''}} \end{cases}$$

d'où l'on tire

$$(2) \qquad \begin{cases} \log y = \log a + be^{cx} \log e \\ \log y' = \log a + be^{cx'} \log e \\ \log y'' = \log a + be^{cx''} \log e \end{cases}$$

$$(3)\quad \begin{cases} \log y' - \log y = b \log e\,(e^{cx'} - e^{cx}) \\ \log y'' - \log y' = b \log e\,(e^{cx''} - e^{cx'}) \end{cases}$$

$$\frac{e^{cx''} - e^{cx'}}{e^{cx'} - e^{cx}} = \frac{\log y'' - \log y'}{\log y' - \log y}$$

ou

$$\frac{e^{cx'}\,[e^{c(x''-x')} - 1]}{e^{cx}\,[e^{c(x'-x)} - 1]} = \frac{\log y'' - \log y'}{\log y' - \log y}$$

$$\text{ou enfin } e^{c(x'-x)} = \frac{\log y'' - \log y'}{\log y' - \log y}.$$

La transformation logarithmique donne

$$c = \frac{\log.\dfrac{\log y'' - \log y'}{\log y' - \log y}}{(x' - x)\log e}$$

On calculerait ensuite b par les équations (3), a par les équations (2).

Le calcul pourrait être légèrement simplifié par l'emploi des logarithmes népériens.

La 3[me] équation est la célèbre équation de Kepler, réunie sur une seule ligne, dans laquelle u représente l'anomalie excentrique d'une planète, M son anomalie moyenne, et e l'excentricité de l'orbite. M. Le Grand-Roy expose la très élégante méthode donnée par Tietjen pour sa résolution.

M. O. Billeter, prof., présente la première partie d'une étude sur *la Théorie de la dissociation électrolytique.*

Séance du 30 novembre.

O. Fuhrmann. Les Cestodes des oiseaux

M. O. Fuhrmann présente une communication sur *les Cestodes des oiseaux*. Il donne d'abord quelques renseignements sur le nombre de vers parasites des vertébrés. Chez les oiseaux on trouve le plus grand nombre de Cestodes (370). Ce sont surtout les échassiers et les palmipèdes qui en sont très riches, tandis que les granivores

et, chose singulière, les rapaces en sont plutôt pauvres.

La plupart des cestodes d'oiseaux ne sont connus que de nom. C'est pourquoi leur classification n'est pas encore faite. M. Fuhrmann parle d'abord de son étude monographique sur le genre *Prosthecocotyle*, caractérisé par la forme du scolex et les complications du cloaque génital. Il donne ensuite un aperçu sur l'anatomie des genres *Davainia* et *Monopylidium* (nov. gen.), puis sur *Cittotaenia avicola, nov. spec.*, *Diploposthe lata, nov. spec.*, et sur *Fimbriaria malleus*.

La nouvelle famille des *Acoleinae* présente quatre genres nouveaux qui sont caractérisés par des dispositions particulières des organes génitaux et de la musculature. Chose singulière, l'ouverture sexuelle femelle manque chez toutes ces espèces.

Les types de ces quatre groupes s'appellent *Diplophallus polymorphus, nov. gen.*, *Gyrocoelia perversus*, nov. gen., nov. spec., *Acoleus armatus*, nov. gen., nov. spec. et *Dioicocestus Paronai*, nov. gen., nov. spec. Cette dernière forme est la première espèce de Cestodes à *sexes séparés*.

Séance du 21 décembre.

H. de Pury. Effet de la levure pure contre la casse. Emploi rationnel de la levure pure de culture en viticulture. — O. Billeter. La théorie de la dissociation électrolytique (2e partie).

M. H. DE PURY présente deux vins obtenus à partir d'un même moût, l'un par fermentation naturelle, l'autre traité par une levure pure. Tandis que le premier est fortement *cassé*, le second est d'un beau gris et d'un goût franc.

M. DE PURY parle ensuite de *l'emploi rationnel des levures pures de culture en viticulture*. Il expose d'abord les principes de la méthode de Hansen pour la purification et la classification des levures. Puis il rend compte des travaux de MM. Delbruck, Münche, Prior, Auerbach, Van Laer sur la lutte entre les levures de culture pure de

brasserie et les levures sauvages. M. de Pury propose de répéter avec les levures pures de vins ces travaux faits avec des levures de brasserie. Les expériences faites dans ce domaine ont démontré qu'à des températures de 15 à 20°, soit aux températures ordinaires où se fait la fermentation des vins, les levures de culture supplantent pour ainsi dire complètement les levures sauvages et même certains organismes, tels que les mycodermes. Et si le cas peu probable d'un état d'équilibre venait à se produire, il serait facile d'y remédier immédiatement en changeant quelque peu les conditions de température, de milieu, ou en augmentant la quantité de levure pure à l'ensemencement. Il serait ainsi possible de produire une fermentation vinicole dans laquelle la levure de culture supplante la levure sauvage. M. de Pury propose de chercher dans nos différents vignobles et pour nos différents crûs les levures remplissant ces conditions.

M. O. Billeter présente la seconde partie de son étude sur *la théorie de la dissociation électrolytique.*

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 4 juillet 1900.

F.-A. Forel. Mousse lacustre; tuf lacustre. — Emile Félix. Les réactions consécutives à l'inoculation vaccinale. — A. Roud. Le développement de la thyroïde et l'origine du thymus chez le campagnol.

M. F.-A. Forel présente une *mousse lacustre* trouvée dans le tuf lacustre qui recouvre la pierre aux Béjus, sous Préverenges, et quelques échantillons de *tuf lacustre* récoltés par dragage contre les parois du rocher de Chillon.

M. Emile Félix présente un travail sur les *réactions consécutives à l'inoculation vaccinale.*

Après avoir décrit les caractères des phénomènes que l'on observe ensuite de la vaccination et qui peuvent être classés en trois catégories : 1° les phénomènes simples, 2° les phénomènes compliqués ou secondaires, 3° les accidents consécutifs à l'évolution vaccinale, M. Félix nous expose les diverses causes qui peuvent provoquer les phénomènes secondaires et les accidents consécutifs, ce sont : l'état de réceptivité ou de récupérativité du sujet inoculé, son état morbide, l'état d'idiosyncrasie, du tempérament, le procédé opératoire, la nature du virus inoculé.

Son étude, basée sur des observations cliniques et bactériologiques, tend à démontrer que la plupart des phénomènes secondaires, tels que : lymphagite, adénite simple,

roséole vaccinale, vaccine généralisée, érythème, exanthème, etc., ne peuvent être dus à la présence d'un micro-organisme pathogène au sein de la matière vaccinale, mais bien plutôt au caractère de morbidité du sujet qui les présente. Cette étude est accompagnée de statistiques indiquant les résultats obtenus ces derniers temps avec le vaccin de l'Institut vaccinogène de Lausanne. Ce travail sera publié dans le *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles.*

M. A. ROUD présente une étude *sur le développement de la thyroïde et l'origine du thymus chez le campagnol.*

L'ébauche médiane de la thyroïde ne présente rien de particulier chez cet animal. Elle dérive du plancher de pharynx primitif. Elle se détache très tôt de son lieu d'origine et vient se placer au-devant de la trachée.

La prétendue ébauche latérale de la thyroïde dérive du fond de la quatrième poche branchiale entodermique. Ce n'est ni un diverticule postbranchial du pharynx, ni un diverticule ventral de la quatrième poche branchiale, mais bien le fond de cette poche qui donne naissance à l'ébauche latérale.

Les trois ébauches se rapprochent, arrivent au contact et constituent en apparence un organe unique, en forme de fer à cheval, entourant la partie supérieure de la trachée. La fusion des trois ébauches n'est qu'apparente. L'ébauche médiane seule forme du tissu thyroïdien et donne naissance à la thyroïde tout entière. La vésicule dérivée de la quatrième poche branchiale, considérée en général comme une thyroïde latérale, ne se transforme pas en tissu thyroïdien. Elle devient la glandule parathyroïdienne qui persiste toute la vie chez le campagnol.

Le thymus apparaît sous la forme d'un épaississement de l'ectoderme du sinus cervical, situé au-dessous de la troisième fente branchiale. Cet épaississement de l'épithélium s'invagine. Il se forme une fossette thymique ouverte à l'extérieur. La fossette se transforme en une vésicule close suspendue à l'extrémité du troisième sillon

branchial interne. Elle simule à ce moment une diverticule de la troisième poche entodermique, quoique en réalité, elle provienne de l'ectoderme.

En outre, la troisième poche fournit un nodule dorsal, accolé d'emblée à la vésicule thymique. Ce nodule devient indépendant, forme la glandule thymique qui disparait dans les stades avancés de la vie embryonnaire.

Séance du 24 octobre.

F.-A. Forel. Sur le glacier du Rhône. — P. Jaccard. Nouvelle méthode pour déterminer la distribution de la flore alpine. — Henri Dufour. Un hygromètre ancien Sur les courants induits provoqués par la foudre à distance.

M. F.-A. Forel fait une communication sur le *glacier du Rhône.*

En même temps que le glacier du Rhône, en décrue depuis 1856, se raccourcit chaque année davantage, la cataracte de glace de 450 mètres de hauteur, qui fait cascade entre le Belvédère et la Saas, s'incline de plus en plus; la surface de la nappe de glace a actuellement une pente moyenne d'environ 50 pour cent.; les escaliers, aiguilles et pyramides, de plus en plus abrupts sont plus beaux que jamais. Mais, à mesure que la pente superficielle augmente, l'épaisseur de la lame de glace diminue, et l'on voit déjà des signes de rupture qui, s'ils s'aggravent encore, font présager une désagrégation de cette splendide cataracte.

Dans l'été de l'an 1900, nous avons à noter les événements suivants :

Le 21 juillet, ouverture d'une fenêtre au tiers de droite de la cataracte, aux deux tiers de sa hauteur. Cette rupture de la glace, probablement effondrement d'une voûte sur le trajet du torrent sous-glaciaire, a été accompagnée de perturbations violentes dans le cours de ce torrent. Il a d'abord tari presque entièrement, puis ses eaux en quantité redoublée se sont précipitées en crue de débordement, chariant

des blocs de glace sur la plaine de Gletsch, jusqu'au-delà du pont de l'Hôtel.

Pendant une quinzaine de jours, le torrent sous-glaciaire apparaissait à travers la fenêtre, cascadant sur les rochers de la muraille du fond. Au commencement d'août, le torrent se chercha un autre cours, et la paroi rocheuse du fond de la fenêtre se montra à sec.

Le 25 août, à 8 heures du soir, une grosse avalanche de glace emporta toute la bande qui séparait la fenêtre de la rive droite de la cataracte, tellement que ce qui était un trou s'est transformé en échancrure. Celle-ci mesure, d'après M. l'ingénieur L. Held, qui a assisté à la chute de l'avalanche, 100 mètres de longueur, 130 mètres de largeur ; la glace avait une épaisseur moyenne de 4 mètres. L'échancrure ayant une forme triangulaire, l'avalanche représente un volume de 25 à 30 mille mètres cubes ; elle est descendue le long du flanc droit de la cataracte jusque sur la plaine de Gletsch, où elle a étalé ses blocs arrondis, dont les plus gros mesuraient jusqu'à 20 m^3.

D'après une note du surveillant du glacier, Félix im Ahorn d'Oberwald, communiquée par M. Held, il n'y a pas eu depuis le 25 août, de nouveaux éboulements de glace qui aient modifié notablement le relief de la cataracte ; les débris de l'avalanche du 25 août disparaissent par fusion et par évaporation.

Nous avons donné ailleurs (*Archives*, p. 459, n° de novembre 1900) les conclusions auxquelles nous ont amené l'étude que nous avons faite sur place à la fin d'août.

Des faits presque analogues se sont passés dans la cataracte de glace du glacier de Tour ; c'est ce que démontre une série de photographies, levées de 1888 à 1898 par M. J. Tairraz de Chamonix.

M. Paul Jaccard parle d'une nouvelle méthode pour déterminer la *distribution de la flore alpine*. (Voir *Archives des Sciences physiques et naturelles*, 1900).

M. Henri Dufour signale un cas de *durée exceptionnelle d'un hygromètre en sapin*. Il s'agit d'un de ces appareils

primitifs qui se trouvaient autrefois assez souvent à la campagne et qui consistent en un fragment de branche ou de tronc de jeune sapin auquel on a laissé une branche latérale. Les variations de l'état hygrométrique de l'air se traduisent par le déplacement angulaire du rameau par rapport au tronc. Un instrument de cet espèce avait été construit en 1837 par un jeune garçon qui l'avait fixé sur une armoire dans la maison paternelle : cet instrument fonctionne encore aujourd'hui pour le plus grand plaisir de son propriétaire. M. H. Mercanton, à Cully : cette conservation des propriétés hygrométriques du bois pendant tant d'années est le fait à signaler : il corrobore l'opinion du regretté prof. R. Wolf de Zurich, qui estimait que ces modestes appareils pouvaient rendre des services.

M. Henri DUFOUR signale une *observation électrique intéressante faite dans le tunnel du Simplon* et communiquée par les ingénieurs et ouvriers à notre collègue, M. H. Schardt. Pendant un fort orage qui avait éclaté au-dessus de Brigue, des ouvriers occupés aux travaux de la galerie d'avancement, ainsi que ceux occupés au montage d'une conduite de ventilation ont ressenti des secousses électriques à chaque contact avec les conduites d'air et avec celles d'eau. En touchant à la fois les deux conduites, les secousses étaient plus violentes. Le fait a été constaté par un ingénieur placé à la galerie transversale n° XIII, c'est-à-dire à plus de 2 k. $^1/_2$ de l'ouverture du tunnel. Ces phénomènes, analogues à ceux observés sur les cables métalliques aériens, tels que celui de Roche, ne paraissent pouvoir s'expliquer que par des phénomènes d'induction se produisant sur des conducteurs métalliques assez longs.

Séance du 7 novembre.

M. Lugeon. Des gorges de l'Aar inconnues. — F.-A. Forel. Pêche de la féra.

M. Maurice LUGEON fait une communication sur les gorges de l'Aar inconnues. (Voir *Archives des Sciences physiques et naturelles,* 1900).

M. F.-A. Forel étudie la *pêche de la féra dans le Léman*. Depuis 1896, un pêcheur de la Grand'Rive, près Thonon a introduit un nouveau procédé de pêche. De grands filets quadrangulaires, tendus verticalement au-dessous de bouées flottant à la surface du lac, capturent, pendant la nuit, des féras dont les troupes se promènent dans les eaux de surface ; ces *pics*, comme on les nomme, ont jusqu'à 160 m. de longueur et 25 m. de haut. Les pêches sont devenues si fructueuses que le prix de la féra a baissé de moitié, et a passé de 1 fr. 20 la livre à 60 centimes ou même moins.

Mais ne va-t-on pas dépeupler le lac ? Jusqu'à présent, il n'y paraît pas. Les marchands de poisson et les pêcheurs ne signalent pas encore de diminution dans la quantité de féras versées sur le marché. Mais si la quantité totale reste la même, il faut cependant noter que soit le nombre des pêcheurs, soit le nombre des engins de pêche ont beaucoup augmenté, que la poursuite est par conséquent devenue plus ardente et plus active. Il serait fort à désirer qu'une statistique attentive permît de surveiller cette réserve de poissons dont l'importance économique est considérable. La féra est un excellent poisson pour l'alimentation de nos populations : la pêche de la féra est une des bonnes industries ouvertes à nos riverains.

En attendant, voici quelques chiffres qui nous ont été fournis avec beaucoup d'obligeance par MM. Lugrin frères, marchands de poisson à Genève. Ils représentent les poissons reçus de février 1899 à février 1900, des pêcheurs du Léman avec qui ils ont des conventions. Le prix de vente est un prix moyen.

Féras	115000	kg.	à fr.	1.10	fr.	126500
Truites	3950	»	»	4.—	»	15600
Ombres-Chevaliers	12000	»	»	2.50	»	30000
Perches, Lottes, Brochets	22000	»	»	1.20	»	26400

Ils donneront une idée de l'importance économique de cette industrie.

Séance du 21 novembre.

P. Narbel. Faune mammalogique vaudoise. — P. Dutoit et Herzen. Analyse des liquides au moyen du réfractomètre. — Prof. A. Herzen. Sur les conditions qui régissent la quantité du suc gastrique et sa teneur en pepsine. — Amann. Méthode pour le calcul des objectifs photographiques.

M. Paul NARBEL donne un résumé des recherches qu'il a faites *sur la faune des Mammifères du canton de Vaud.* Il s'est appuyé sur le volume I de la faune des vertébrés suisses de Victor Fatio et a recherché quelles espèces, reconnues suisses par Fatio, faisaient partie de la faune cantonale. Le canton de Vaud est très riche sous ce rapport. Il possède toutes les espèces décrites par Fatio, sauf le *Talpa coeca* qui ne se trouve qu'au Tessin, le *Sorex pygmaeus*, le *Mus Poschiavinus*, puis quatre carnassiers qui sont à peu près disparus, l'*Ursus Arctos*, le *Felis Lynx*, Catus et Canis Lupus. Il est le premier à avoir trouvé *Sorex alpinus*, et le *Leucodon mycrorous* dans le canton. Il a laissé de côté les cheiroptères, ordre qu'il n'a pu encore étudier complètement.

M. Narbel a présenté ensuite quelques espèces vivantes : tels que *Myoxus avellanarius*, *Myoxus quercinus*, *Mus sylvaticus*, *Arvicola arvalis* ; puis une variété nègre de la souris domestique qu'il a obtenue par croisement, et enfin le *Hamster* (*Cricetus frumentarius*).

Il a terminé en présentant quelques crânes intéressants, ceux de l'*Arvicola amphibius*, type provenant d'Angleterre, en comparaison avec celui de l'*Arvicola amphibius* (var *terrestris*) tel qu'il existe en Suisse, puis un intermédiaire intéressant entre le genre musaraigne et le genre taupe, le *Scalops aquatiques* des États-Unis, et enfin le crâne d'un hamster, chez lequel les incisives inférieures ayant avorté, les incisives supérieures étaient tellement développées que l'animal n'avait plus pu fermer la bouche. De plus, le crâne du cobaye domestique et celui de son ancêtre du Brésil.

MM. Paul DUTOIT et HERZEN fils parlent de l'*analyse des liquides au moyen du réfractomètre.*

M. Herzen expose brièvement le résultat de nouvelles recherches faites dans son laboratoire, principalement par Madame Potapow, sur les conditions qui régissent la *quantité* du suc gastrique et sa *teneur en pepsine.*

Il y a une quarantaine d'années, Schiff a découvert qu'un certain nombre d'aliments ou de principes alimentaires ont la propriété de favoriser extraordinairement la *production de pepsine* dans les cellules glandulaires de la muqueuse stomacale ; il a appelé ces substances *peptogènes.* (M. Herzen préfère l'expression de « pepsinogènes »).

Récemment, le très distingué physiologiste de Saint-Pétersbourg, M. Pawlow, ayant imaginé une méthode qui permet de mesurer le volume du suc sécrété en un temps donné ou pendant toute la durée d'un acte digestif, il a trouvé que quelques substances alimentaires ont la propriété de provoquer une sécrétion de suc gastrique *extrêmement copieuse.* Il appelle ces substances *succagogues.*

M. Pawlow passe entièrement sous silence les travaux de Schiff ; s'il en avait tenu compte, il serait lui-même arrivé aux résultats obtenus à Lausanne. M. Herzen s'est aperçu que la plupart des substances trouvées efficaces par Schiff et par M. Pawlow sont *les mêmes;* ces substances sont donc *en même temps* pepsinogènes et succagogues. Cependant, comme leur action pepsinogène se maintient lorsqu'elles sont absorbées par le rectum, tandis qu'alors leur action succacogue disparaît, il s'agit de deux propriétés distinctes, et il était possible qu'il y eût des substances ne possédant que l'une ou l'autre de ces propriétés. Mais une différence absolue à cet égard n'existe pas : il y a seulement *prépondérance* de l'une ou de l'autre des deux propriétés en question : les pepsinogènes sont plus ou moins succagogues, et vice versa ; ingérées en petite quantité, ces substances sont l'un *ou* l'autre, tandis qu'à grandes doses, ils sont l'un *et* l'autre.

Ce travail sera bientôt publié en détail, sous forme de thése de doctorat.

M. Amann fait part de ses travaux d'*optique appliquée* et expose une nouvelle méthode pour le calcul des objectifs photographiques.

QUELQUES MODIFICATIONS

A LA PUBLICATION MENSUELLE

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

de Genève (Observatoire) et du Grand Saint-Bernard

A partir du XXme siècle, nous apportons quelques modifications au mode de publication des chiffres des tableaux météorologiques pour Genève et le Grand Saint-Bernard, afin de nous conformer davantage aux règles internationales, généralement admises en météorologie. Nous faisons commencer ces modifications avec le mois de décembre 1900, que nous publions à nouveau ci-après, sous la nouvelle forme, et qui fait partie de l'année météorologique 1901. Nous ne renonçons en effet pas à employer l'*année météorologique* à côté de l'*année civile*.

Les modifications introduites portent sur les points suivants :

1° *Pression atmosphérique.* — Conformément à une demande du « Comité météorologique international », nous indiquons à la deuxième page des tableaux des deux stations, les *corrections* à apporter aux pressions publiées, afin de les réduire à la pesanteur normale, en tenant compte de la latitude et de l'altitude. Ces corrections ont, d'après les « Tables météorologiques internationales », les valeurs suivantes :

Observatoire de Genève,	+ 0^{mm}.02
Hospice du Grand Saint-Bernard,	— 0^{mm}.22

Nous ne les appliquons pas aux pressions que nous publions.

Nous supprimons dorénavant les centièmes de millimètres aux valeurs des pressions atmosphériques *minima* et *maxima* : mais nous les conservons aux pressions moyennes diurnes, moyennes de *huit* observations.

Lorsque nous avons fait l'installation de la nouvelle station météorologique du Grand Saint-Bernard, au commencement du mois d'octobre 1900, nous avons comparé à nouveau le baromètre de Gourdon de l'Hospice au baromètre fondamental de Noblet

de l'Observatoire de Genève, par l'intermédiaire du baromètre de voyage de Fastré de l'Observatoire. Nous avons reconnu, à cette occasion, que la correction du baromètre de Gourdon, qui avait été trouvée en 1892 valoir — 0mm.20, s'était modifiée. Elle est actuellement (octobre 1900) de + 0mm.05. Nous n'avions pas immédiatement appliqué cette correction nouvelle intégralement aux observations du mois de décembre et l'avions réduite à — 0mm.10. Nous employons maintenant pour les mois de décembre 1900 et de janvier 1901, et emploierons pour les mois suivants la correction nouvelle + 0mm.05.

2° *Fraction de saturation.* — Nous indiquons dorénavant la fraction de saturation en centièmes (%) et non plus en millièmes. Nous introduisons, au Grand Saint-Bernard, pour les trois décades du mois, les moyennes de la fraction de saturation pour les trois dates d'observation de la nouvelle station : 7 h. matin. 1 h. et 9 h. soir.

3° *Pluie ou neige.* — Jusqu'à la fin de l'année 1900, les hauteurs de pluie étaient mesurées. à Genève, de minuit à minuit et correspondaient ainsi au *jour civil.* A partir de 1901, nous nous conformons à l'usage international de mesurer les hauteurs de pluie entre les deux observations de 7 heures du matin (temps local). La quantité d'eau correspondant à un jour comprend donc l'eau tombée depuis 7 h. du matin de ce jour, jusqu'à 7 h du matin du jour suivant. C'est ainsi que cela se pratique partout en Suisse, et les résultats de l'Observatoire seront, de cette façon, directement comparables à ceux des autres stations pluviométriques du canton de Genève et à ceux du Grand Saint-Bernard.

4° *Nébulosité.* — Conformément à l'usage universel, nous exprimons la nébulosité en chiffres de *zéro* à *dix*, et non plus de 0.0 à 1.0. Il suffit donc, pour ramener les anciens chiffres aux nouveaux, de les multiplier par 10.

5° *Limnimètre.* — Nous augmentons toutes les cotes limnimétriques de 0m.155, afin de les ramener au zéro adopté pour le niveau du lac de Genève, zéro qui est à 3m.0 au-dessous de la cote fondamentale de toutes les altitudes suisses, le *repère de la pierre du Niton.* Le zéro du limnimètre du Jardin anglais se trouve seulement à 2m.845 au-dessous de ce niveau fondamental, et les cotes publiées jusqu'ici étaient rapportées à ce zéro là.

Il n'est rien changé aux chiffres relatifs à la *température*, au *vent* et à la *durée d'insolation.*

R. GAUTIER.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

DÉCEMBRE 1900

Le 1er, brouillard depuis 9 h. du soir.

2, pluie à 7 h. du matin et à 4 h. du soir; brouillard à 10 h. du matin.

4, léger grésil, puis pluie et brouillard à 8 h. du matin; pluie depuis 1 h. du soir.

5, pluie la nuit jusqu'à 4 h. du soir; fort vent pendant tout le jour.

6, pluie à 7 h. et à 10 h. du matin; couronne et halo lunaire à 8 h. du soir; fort vent à 10 h. du soir.

7. forts coups de tonnerre, forte averse et coups de vent à minuit 40 m.; pluie jusqu'à 7 h. du soir; très fort vent à 7 h. du matin; nouvelle neige sur le Salève; à midi et à 2 h. arc-en-ciel.

8, pluie dans la nuit; forte bise de 10 h. du matin à 1 h. du soir.

9, forte gelée blanche le matin; brouillard depuis 7 h. du soir.

10, brouillard jusqu'à 10 h. du matin.

11, brouillard à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

12, brouillard pendant toute la journée.

13, brouillard pendant toute la journée.

14, brouillard pendant toute la journée.

15, brouillard le matin jusqu'à 1 h. du soir et depuis 9 h. du soir.

16, brouillard pendant toute la journée.

17, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

18, brouillard pendant toute la journée

19, brouillard pendant toute la journée; léger givre le matin.

20, brouillard pendant toute la journée.

21, gelée blanche le matin; pluie à 1 h. du soir; nouvelle neige sur le Salève.

22, gelée blanche le matin; brouillard depuis 9 h. du soir.

23, pluie dans la nuit; brouillard à 10 h. du soir.

24, pluie dans la nuit; brouillard à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

25, légère gelée blanche le matin; brouillard bas; forte rosée le soir; la neige a disparu sur le Salève.

26, très forte gelée blanche le matin; brouillard pendant toute la journée; givre.

27, brouillard à 7 h. du matin; léger givre; pluie à 4 h. du soir.

28, pluie de 3 h. à 9 h. du matin, grésil et forte averse à 1 h. 30 m. du soir; nouvelle neige sur les montagnes environnantes; fort vent de 1 h. à 7 h. du soir.

29, fort vent à 7 du matin; pluie à 9 du soir.

30, pluie dans la nuit et à 2 h. du soir; halo et couronne lunaire le soir.

31, pluie depuis 5 h. 30 m. à 10 h. du matin; couronne lunaire à 7 h. du soir.

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : $+0^{mm}.02$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux suivants.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 1er à 10 h. matin	716,8	Le 1er à minuit	715,6
7 à 11 h. soir	33,1	16 à 1 h. matin	38,3
16 à 10 h. matin	40,4	23 à 2 h. soir	24,5
25 à 10 h. matin	35,0	31 à 6 h. matin	14,2
31 à 11 h. soir	17,3		

Résultats des observations pluviométriques faites dans le canton de Genève.

Stations Observ. MM.	CÉLIGNY Ch. Pesson	COLLEX J. Gottraux	CHAMBÉSY L. Perrot	SATIGNY P. Pelletier	ATHENAZ J.-J. Decor	COMPESIÈRES Pellegrin
Hauteur d'eau en mm.	111.9	94.2	93.5	137.5	112.0	54.2

Stations Observ. MM.	VEYRIER B. Babel	GENÈVE Observatoire	COLOGNY R. Gautier	PUPLINGE A. Dunant	JUSSY M. Micheli	HERMANCE C. Nyauld
Hauteur d'eau en mm.	55.2	81.6	67.5	53.3	52.0	82.9

Durée totale de l'insolation à Jussy : 41^h 35^m.

GENÈVE. — DÉCEMBRE 1900.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en °/₀. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'h.	Vent dominant.	Chemin parcouru par le vent. Kil. par heure.	Nébulosité moyenne	Insolation Dur. en heures.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm					h.	°	°	cm
1	716,29	−10,45	715,6	716,8	+ 4,16	+ 1,91	+ 3,6	+ 5,2	78	− 7	72	86	0,1	..	var.	2,5	10	0,0	8,6	+ 0,6	1495
2	19,86	− 6,92	16,5	24,0	+ 3,32	+ 1,20	+ 2,9	+ 4,1	93	+ 8	85	97	0,8	1	calme	2,5	10	0,0	. .	.....	1485
3	27,23	+ 0,41	24,0	29,7	+ 4,36	+ 2,36	+ 3,0	+ 6,3	84	− 1	75	90	...	..	calme	0,0	10	0,0	8,5	+ 0,8	1480
4	28,85	+ 1,99	27,5	29,7	+ 3,03	+ 1,15	− 0,9	+ 8,4	93	+ 7	86	100	32,8	20	NNW. 1	5,0	10	0,0	8,5	+ 0,9	1497
5	27,62	+ 0,72	27,0	28,7	+11,07	+ 9,31	+ 8,4	+13,0	83	− 2	65	100	9,5	12	SSW. 2	18,0	10	0,0	8,4	+ 0,9	1500
6	27,48	+ 0,54	22,0	29,8	+11,98	+10,33	+ 9,8	+17,0	78	− 8	68	97	11,8	8	SSW. 1	11,0	9	0,8	8,7	+ 1,3	1515
7	28,52	+ 1,54	22,4	33,1	+ 6,60	+ 5,16	+ 3,5	+12,2	76	− 9	63	93	4,6	5	SSW. 1	13,5	8	1,2	8,6	+ 1,3	1595
8	34,19	+ 7,47	33,1	35,1	+ 5,05	+ 3,62	+ 2,1	+ 8,2	82	− 4	67	100	...	..	NNE. 1	15,0	2	6,7	7,4	+ 0,2	1632
9	34,37	+ 7,31	33,8	34,9	+ 1,96	+ 0,64	− 1,3	+ 6,5	91	+ 6	81	95	...	..	var.	2,5	6	5,0	...	.....	1635
10	35,19	+ 8,09	34,2	36,1	+ 1,30	+ 0,08	− 0,1	+ 3,1	90	+ 4	82	98	...	..	var.	2,5	10	0,0	7,3	+ 0,2	1620
11	35,37	+ 8,23	34,6	36,0	+ 1,02	− 0,10	− 0,7	+ 2,9	87	+ 1	79	92	...	..	SSE. 1	2,5	10	0,0	7,5	+ 0,5	1630
12	36,40	+ 9,22	35,7	37,2	− 0,53	− 1,55	− 1,8	+ 0,5	97	+11	93	100	...	..	calme	2,0	10	0,0	7,0	+ 0,1	1650
13	35,25	+ 8,03	34,3	36,0	− 0,99	− 1,92	− 2,0	+ 0,5	97	+11	92	100	...	..	calme	0,0	10	0,0	7,0	+ 0,2	1665
14	37,85	+10,59	35,8	39,3	− 0,15	− 1,09	− 2,2	+ 2,0	98	+12	93	100	...	..	calme	0,0	10	0,0	7,0	+ 0,3	1660
15	38,04	+10,74	37,0	38,9	+ 0,76	+ 0,01	− 2,5	+ 3,8	97	+11	82	100	...	..	calme	1,5	8	0,0	7,1	+ 0,5	1636
16	39,74	+12,40	38,3	40,4	− 0,64	− 1,31	− 2,9	+ 2,6	99	+13	96	100	...	..	calme	1,5	10	0,0	...	.....	1635
17	38,60	+11,23	37,7	39,5	+ 1,32	+ 0,73	− 1,3	+ 2,9	90	+ 4	82	98	...	..	var.	3,0	10	0,0	7,3	+ 0,8	1660
18	36,34	+ 8,93	34,9	37,7	− 1,49	− 2,00	− 3,0	− 0,8	96	+10	79	100	...	..	var.	2,0	10	0,0	7,3	+ 0,9	1645
19	35,79	+ 8,34	34,9	36,7	1,49	− 1,93	− 3,7	+ 1,2	99	+13	96	100	...	..	calme	0,0	10	0,0	7,0	+ 0,7	1632
20	34,27	+ 6,79	32,2	36,3	− 0,15	− 0,52	− 1,7	+ 2,1	99	+13	96	100	...	..	var.	1,0	10	0,0	6,9	+ 0,7	1630
21	31,32	+ 3,80	30,0	32,9	+ 2,71	+ 2,41	− 4,9	+ 7,8	85	− 1	68	100	1,0	3	SSW. 1	6,9	9	0,0	7,1	+ 0,9	1615
22	31,04	+ 3,48	27,4	33,2	+ 3,16	+ 2,92	− 0,1	+ 6,7	86	− 1	68	95	2,5	4	calme	0,0	4	5,4	7,0	+ 0,9	1640
23	25,99	− 1,60	24,5	27,1	+ 4,09	+ 3,91	+ 0,1	+ 7,2	91	+ 5	82	97	2,0	2	calme	1,1	10	1,7	.	.....	1625
24	30,11	+ 2,49	27,2	33,8	+ 6,20	+ 6,05	+ 4,0	+10,0	88	+ 2	70	94	...	..	calme	0,5	7	4,0	7,2	+ 1,2	1630
25	33,83	+ 6,18	33,3	35,0	+ 4,66	+ 4,59	− 0,3	+ 9,5	87	+ 1	71	97	...	..	calme	0,2	1	5,2	.	.....	1605
26	31,87	+ 4,19	29,8	33,4	− 0,38	− 0,40	− 2,7	+ 5,4	100	+14	99	100	...	..	calme	0,8	10	0,8	6,9	+ 1,1	1607
27	26,58	− 1,13	24,4	29,2	+ 2,97	+ 3,00	− 2,9	+10,8	88	+ 2	74	100	4,7	6	SSW. 1	3,8	9	1,4	6,9	+ 1,1	1607
28	22,71	− 5,02	20,6	25,1	+ 7,24	+ 7,31	+ 4,8	+10,1	75	−11	67	90	6,4	3	SSW. 2	24,1	10	0,0	7,1	+ 1,4	1595
29	24,84	− 2,92	24,1	25,6	+ 4,38	+ 4,49	+ 2,8	+ 7,9	74	−13	61	90	0,3	1	calme	9,6	10	0,3	7,0	+ 1,3	1575
30	23,32	− 4,46	18,2	25,4	+ 5,75	+ 5,90	+ 3,1	+ 8,9	88	+ 1	76	95	3,7	4	calme	2,5	10	0,0	...	.....	1575
31	15,72	−12,08	14,2	17,3	+ 5,44	+ 5,62	+ 3,8	+ 8,5	85	− 1	80	94	1,4	2	var.	5,2	10	0,0	7,2	+ 1,6	1580
Mois	730,47	+ 2,51			+ 3,12	+ 2,32			89	+ 2						4,52	9		7,46	+0,85	1599

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1900

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	726.88	727.07	727.62	728.61	728.07	728,21	728.60	728,62
2e »	736.73	736.76	737.02	737.59	736.58	736.28	736.60	736.65
3e »	727.58	727.25	727.12	727.55	726,77	726.51	726.74	726,72
Mois	730.31	730.26	730.48	731.11	730,35	730.21	730.52	730.54

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 4.72	+ 4.35	+ 4.47	+ 5,17	+ 7.01	+ 6,09	+ 5.46	+ 5.00
2e »	— 0.73	— 0.82	— 1.09	— 0,46	+ 0,85	+ 0.79	+ 0.06	— 0.45
3e »	+ 2.80	+ 2.61	+ 2.52	+ 4.33	+ 6.68	+ 6,13	+ 4.74	+ 3.82
Mois	+ 2.28	+ 2.06	+ 1.98	+ 3.05	+ 4.91	+ 4,49	+ 3.45	+ 2.82

Fraction de saturation en %.

1re décade	87	87	87	85	80	81	83	86
2e »	98	98	98	95	91	91	97	97
3e »	90	94	93	85	76	80	84	87
Mois	92	93	93	88	82	84	88	90

	Therm. min.	Therm. max.	Temp. du Rhône	Nébulosité moyenne.	Insolation. Durée en heures.	Chemin parcouru p. le vent	Eau de pluie ou de neige	Limnimètre
	°	°	°		h.	kil. p. h.	mm	
1re déc.	+ 3.10	+ 8,40	+ 8,25	9	13,7	7,25	59,6	1545
2e »	— 2,18	+ 1,77	+ 7,12	10	0,0	1,35	0,0	1644
3e »	+ 0.70	+ 8,44	+ 7.05	8	18,8	4,93	22,0	1607
Mois	+ 0.55	+ 6,27	+ 7,46	9	32,5	4,52	81,6	1599

Dans ce mois l'air a été calme 57,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NNE. à ceux du SSW. a été de 0.41.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 9°,6 W. et son intensité est égale à 15,4 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE DÉCEMBRE 1900.

Le 1er, brouillard à 7 h. du matin.

3, fraction de saturation 25 % à 7 h. du matin.

4, neige à 1 h. et à 4 h. du soir.

5, neige pendant tout le jour.

6, brouillard le matin jusqu'à 1 h. du soir; très forte bise jusq'à 10 h. du matin et depuis 9 h. du soir.

7, très forte bise et neige pendant tout le jour; brouillard à 7 h. du soir.

Du 8 au 21 grande sécheresse de l'air avec température élevée et vent soufflant presque toujours du S.-W. Les principaux minima de la fraction de saturation sont donnés ci-après :

Le 8, brouillard à 7 h. du matin; forte bise jusqu'à 10 h. du matin. Fraction de saturation 22 %, à 3 h. ½ et 17 % à 9 h. du soir.

9, Fraction de saturation : 5 % à 1 h. et 7 % à 9 h. du soir.

12, » » 11 % à 7 h. du matin, 12 % à 1 h., 14 % à 9 h. du soir.

13, » » 13 % à 7 h. du matin.

16, » » 21 % à 1 h du soir.

17, » » 16 % à 9 h. du soir.

18, » » 19 % à 7 h. du matin, 20 % à 9 h. du soir.

20, fort vent depuis 4 h. du soir.

21, brouillard à 4 h. du soir.

23, brouillard à 10 h. du soir.

24, brouillard à 7 h. du matin, à 4 h. et à 7 h. du soir.

25, fraction de saturation : 18 % à 1 h. et 19 % à 9 h. du soir.

28, brouillard à 7 h. du matin; neige depuis 1 h. du soir; fort vent depuis 4 h. du soir.

29, brouillard et fort vent à 7 h. du matin; neige depuis 4 h. du soir.

30, fort vent à 7 h. du matin.

31, brouillard à 7 h. du matin; neige depuis 10 h. du matin.

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux suivants.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 7 h. soir	553,0	Le 1 à minuit	550,9
8 à 10 h. soir	68.8	4 à 1 h. soir	64.3
17 à 10 h. matin	73.8	17 à 1 h. matin	73.3
23 à minuit	64.6	23 à 4 h. soir	61.4
25 à 11 h. soir	69.4	25 à minuit	67.8
31 à minuit	57.4	31 à 4 h. soir	51.4

SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1900

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum observé au barographe	Baromètre. Maximum observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la température normale	Température C. Minimum absolu.	Température C. Maximum absolu.	Fraction de saturation moyenne	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.						cm	mm			
1	552.57	— 9.38	551.0	553.1	— 6.03	+ 0.69	— 8.6	— 3.8	92	.....	.....	NE.	1	2
2	54.89	— 7.04	53.2	57.6	— 7.65	— 0.85	— 9.2	— 1.3	84	.....	...	SW.	1	4
3	60.52	— 1.39	58.3	62.9	— 10.30	— 3.42	—11.3	— 6.8	75	.....	.....	SW.	1	0
4	64.32	+ 2.43	63.1	65.2	— 3.36	+ 3.60	—10.0	+ 0.7	65	48	40,0	NE.	1	7
5	64.85	+ 2.98	64.5	65.3	— 2.05	+ 4.99	— 2.0	+ 2.7	92	32	26,0	NE.	1	10
6	64.58	+ 2.73	60.9	65.3	— 2.41	+ 4.71	— 4.2	+ 0.4	82	8	8,6	NE.	1	6
7	60.66	— 1.16	57.9	64.2	— 8.65	— 1.44	— 9.2	— 3.0	93	25	22,0	NE.	3	10
8	66.86	+ 5.06	63.8	68.9	— 7.08	+ 0.21	—10.8	— 3.6	54	.....	.....	NE.	1	2
9	69.14	+ 7.36	68.9	69.4	— 1.18	+ 6.19	— 4.6	+ 0.7	8	.....	.....	NE.	1	0
10	69.13	+ 7.37	69.0	69.5	— 1.98	+ 5.46	— 3.5	— 0.2	18	.....	.....	NE.	1	1
11	69.55	+ 7.81	69.1	70.7	— 2.80	+ 4.71	— 3.7	— 0.8	42	.....	.....	NE.	1	1
12	71.51	+ 9.79	70.7	72.1	+ 0.09	+ 7.67	— 3.0	+ 4.0	12	.....	.....	SW.	1	0
13	70.72	+ 9.02	70.2	71.5	— 0.33	+ 7.32	— 2.6	+ 3.7	19	.....	.....	SW.	1	1
14	71.48	+ 9.80	70.3	72.8	— 4.05	+ 3.67	— 4.9	— 1.7	43	.....	.....	NE.	1	1
15	72.30	+ 10.64	71.7	72.9	— 2.30	+ 5.48	— 4.0	+ 1.5	38	.....	.....	NE.	1	1
16	72.65	+ 11.01	72.1	73.4	— 2.28	+ 5.56	— 4.8	+ 0.4	36	..	.....	SW.	1	0
17	73.65	+ 12.02	73.4	74.0	+ 0.54	+ 8.44	— 1.9	+ 4.2	25	..	.....	SW.	1	0
18	71.92	+ 10.31	70.4	73.4	— 1.60	+ 6.36	— 3.0	+ 1.0	22	.....	.....	SW.	1	1
19	69.63	+ 8.04	69.3	70.4	— 5.86	+ 2.16	— 6.3	— 1.6	38	.....	.....	SW.	1	1
20	69.37	+ 7.80	68.7	70.0	— 4.95	+ 3.13	— 5.0	+ 3.0	43	.....	.....	SW.	2	0
21	66.63	+ 5.07	65.8	68.7	— 6.01	+ 2.12	— 7.0	— 1.2	55	.....	.....	var.		5
22	65.62	+ 4.07	64.6	66.6	— 7.86	+ 0.32	— 9.8	— 4.5	45	.....	.....	SW.	1	1
23	62.75	+ 1.22	61.5	64.8	— 5.85	+ 2.38	— 9.4	— 3.2	91	.....	.....	SW.	1	4
24	64.87	+ 3.36	62.6	67.8	— 6.25	+ 2.03	— 7.1	— 4.8	81	.....	.....	SW.	1	6
25	68.75	+ 7.26	67.9	69.6	— 2.70	+ 5.63	— 6.8	+ 0.1	24	.....	.....	NE.	1	0
26	68.22	+ 6.75	65.7	69.5	— 1.48	+ 6.89	— 1.9	+ 1.1	42	.....	.....	NE.	1	2
27	63.30	+ 1.84	61.6	65.7	— 4.86	+ 3.55	— 6.3	— 1.3	65	.....	.....	SW.	1	1
28	59.18	— 2.26	57.3	61.4	— 6.90	+ 1.55	—10.0	— 2.7	84	15	13,0	SW.	2	10
29	58.16	— 3.26	57.7	58.6	—10.81	— 2.32	—12.1	— 7.2	88	16	7,0	SW.	1	9
30	59.70	— 1.70	58.4	60.6	— 4.81	+ 3.72	— 8.0	— 2.6	66	.....	.....	NE.	1	2
31	53.32	— 8.06	51.6	57.6	— 9.11	— 0.54	— 9.3	— 2.8	88	16	15,0	NE.	1	10
Mois	565.51	+ 3.19			— 4.54	+ 3.05			55					3

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1900.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	561,79	561,99	562,28	562,85	562,80	563,13	563,55	563,64
2e » ...	571,36	571,26	571,19	571,58	571,19	571,07	571,24	571,34
3e » ...	563,65	563,19	562,90	563,06	562,40	562,29	562,44	562,27
Mois	565,54	565,40	565,37	565,74	565,37	565,39	565,64	565,63

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Min. obs.	Max. obs.
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc.	— 5,64	— 4,52	— 3,12	— 4,19	— 4,52	— 4,94	— 7,34	— 1,42
2e » .	— 2,64	— 1,86	+ 0,23	— 1,45	— 1,99	— 2,93	— 3,92	+ 1,37
3e » .	— 6,42	— 4,91	— 4,14	— 5,19	— 6,03	— 6,19	— 7,97	— 2,65
Mois.	— 4,95	— 3,80	— 2,40	— 3,66	— 4,24	— 4,74	— 6,46	— 0,95

	Fraction de saturation en %. 7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige
					mm	cm
1re décade ...	69	68	62	4	96,6	113
2e » ...	32	31	33	1	....	...
3e » ...	70	60	69	5	35,0	47
Mois	57	53	55	3	131,6	160

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SW a été de 1.13

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E. et son intensité est égale à 7,0 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES
FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE
PENDANT LE MOIS DE
JANVIER 1901

Le 1er, forte bise à 7 h. du matin.
2, faible gelée blanche le matin.
3, très forte bise pendant tout le jour.
4, très forte bise pendant tout le jour.
5, très forte bise pendant tout le jour.
6, quelques flocons de neige à 10 h. du matin.
7, gelée blanche le matin; brouillard jusqu'à h. 10 du matin et depuis 9 h. du soir.
8, brouillard jusqu'à 10 h. du matin; quelques flocons de neige pendant la matinée.
9, très forte gelée blanche le matin; légère pluie, puis verglas à 7 h. du soir; brouillard depuis 7 h. du soir.
10, verglas jusqu'à 9 h. du matin.
11, très forte gelée blanche le matin, persistant à l'ombre pendant tout le jour; léger brouillard à 10 h. du matin; brouillard depuis 9 h. du soir.
12, gelée blanche le matin; brouillard à 7 h. du matin.
13, brouillard à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir.
14, forte bise à 7 h. du matin; brouillard le matin, à 1 h., à 7 h. et à 9 h. du soir.
15, brouillard pendant tout le jour
16, brouillard pendant tout le jour.
17, brouillard le matin jusqu'à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir.
18, léger givre le matin; brouillard pendant tout le jour.
19, givre le matin; brouillard pendant tout le jour; faible neige de 10 h. 15 m. à 11 h. 30 m. du matin.
20, pluie de 9 h. 25 m. à 4 h. du soir; fort vent de 10 h. du matin à 1 h. du soir.
21, neige sur les montagnes environnantes; brouillard à 7 h. du matin.
22, brouillard le matin jusqu'à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir; faible gelée blanche le matin.
23, brouillard pendant tout le jour.
24, brouillard le matin jusqu'à 1 h. du soir, à 7 h. et à 10 h. du soir.
25, gelée blanche le matin; léger brouillard bas à 10 h. du matin.
26, pluie dans la nuit, à 10 h. du matin et à 4 h. du soir; pluie et neige à 1 h. du soir; nouvelle neige sur le Salève; fort vent le matin jusqu'à 1 h. du soir et depuis 10 h. du soir.
27, pluie jusqu'à 10 h. du matin et depuis 4 h du soir; la neige descend jusqu'au pied des montagnes environnantes.
28, très fort vent dans la nuit, à 7 h. du matin et depuis 1 h. du soir; pluie depuis 7 h. du soir.
29, pluie la nuit et à 7 h. du matin; neige depuis 7 h. du soir; hauteur de la neige : 2cm.5.
30, halo lunaire le soir.
31, légère chute de neige pendant la nuit.

Hauteur totale de la neige pendant le mois de janvier : 2cm.5 en 1 jour.

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0^{mm}.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux suivants.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 4 à 9 h. matin	731,0	Le 1er à minuit	717,4
14 à 10 h. matin	38,9	5 à 10 h. soir	23,1
23 à 11 h. matin	41.8	11 à minuit	28,9
30 à 11 h. matin	18.7	20 à 1 h. matin	29,3
		30 à minuit	15,0

Résultats des observations pluviométriques faites dans le canton de Genève.

Stations Observ. MM.	CÉLIGNY Ch. Pesson	COLLEX J. Gottraux	CHAMBÉSY L. Perrot	SATIGNY P. Pelletier	ATHENAZ J.-J. Decor	COMPESIERES Pellegrin
Hauteur d'eau en mm.	67.6	70.4	52.5	87.0	63.5	44.0

Stations Observ. MM.	VEYRIER B. Babel	GENÈVE Observatoire	COLOGNY R. Gautier	PUPLINGE A. Dunant	JUSSY M. Micheli	HERMANCE C. Nyauld
Hauteur d'eau en mm.	37.3	38.9	31.5	28.3	25.0	42.1

Durée totale de l'insolation à Jussy : 46^{h} 30^{m}

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en %. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en %. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en %. Minim.	Fract. de saturation en %. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'h.	Vent dominant	Chemin parcouru par le vent. Kil. par heure	Nébulosité moyenne	Insolation. Dur. en heures	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.					h.		°	
1	724,07	− 3,75	717,4	727,7	+ 5,50	+ 5,71	+ 2,9	+ 6,9	79	− 7	73	83	...	..	NNE. 1	11,3	9	0,0	...	.....	1625
2	27,73	− 0,11	26,8	29,0	+ 2,87	+ 3,11	− 0,6	+ 5,2	82	− 4	76	89	...	..	var.	6,9	9	0,4	6,8	+ 1,4	1590
3	29,71	+ 1,85	28,9	30,7	+ 0,64	+ 0,90	− 3,6	+ 3,4	75	−11	57	92	...	..	NNE. 3	26,7	2	5,8	6,5	+ 1,1	1620
4	29,51	+ 1,64	28,2	31,0	− 4,61	− 4,33	− 6,0	− 3,2	87	+ 1	82	91	...	..	NNE. 4	38,8	4	0,3	4,9	− 0,4	1635
5	26,27	− 1,62	23,1	28,9	− 6,69	− 6,40	− 9,2	− 5,6	85	− 1	72	94	...	..	NNE. 4	38,8	6	2,4	2,8	− 2,5	1627
6	25,15	− 2,75	23,5	27,2	− 7,95	− 7,64	− 9,3	− 5,4	88	+ 2	74	95	...	..	NNE. 1	10,7	5	3,0	...	.....	1555
7	26,94	− 0,97	26,2	27,7	− 6,46	− 6,14	− 9,0	− 4,1	88	+ 2	81	94	...	..	E. 1	4,2	9	1,7	3,1	− 2,1	1595
8	27,06	− 0,85	26,1	28,6	− 3,14	− 2,82	− 5,4	0,0	88	+ 2	78	92	...	..	calme	1,2	8	0,0	4,6	− 0,6	1520
9	28,81	+ 0,89	28,4	29,5	− 1,24	− 0,92	− 6,1	+ 3,8	83	− 3	68	95	0,1	..	calme	0,4	10	0,0	5,0	− 0,1	1500
10	28,13	+ 0,21	27,3	29,0	+ 1,40	+ 1,72	− 2,2	+ 7,5	80	− 6	65	95	...	..	calme	0,4	3	3,3	5,2	+ 0,1	1490
11	30,22	+ 2,30	28,9	32,0	+ 0,63	+ 0,95	− 3,7	+ 8,7	85	− 1	62	96	...	..	calme	0,8	3	4,5	5,3	+ 0,2	1530
12	33,06	+ 5,14	32,0	34,4	+ 2,80	+ 3,11	− 0,7	+ 9,0	80	− 6	60	91	...	..	N. 1	2,5	4	4,6	5,6	+ 0,5	1517
13	36,69	+ 8,77	34,1	38,8	+ 1,40	+ 1,70	− 0,7	+ 2,6	81	− 5	71	95	...	..	NNE. 1	10,0	10	0,0	...	.....	1525
14	38,19	+10,28	37,7	38,9	− 0,51	− 0,22	− 1,8	+ 0,6	82	− 4	74	90	...	..	NNE. 1	8,3	10	0,0	5,2	+ 0,2	1490
15	35,52	+ 7,62	33,1	37,9	− 2,59	− 2,32	− 3,4	− 1,8	89	+ 3	80	95	...	..	calme	5,8	10	0,0	5,0	0,0	1497
16	32,67	+ 4,78	32,0	33,1	− 3,65	− 3,40	− 4,9	− 2,2	92	+ 6	83	96	...	..	calme	1,2	10	0,0	4,7	− 0,2	1470
17	32,24	+ 4,36	31,6	33,6	− 3,19	− 2,96	− 4,5	− 1,5	92	+ 6	86	96	...	..	calme	3,0	10	0,0	4,8	− 0,1	1465
18	33,76	+ 5,89	33,4	34,8	− 4,59	− 4,39	− 5,9	− 2,7	96	+10	95	100	...	..	calme	2,5	10	0,0	4,6	− 0,3	1472
19	30,80	+ 2,95	28,8	34,3	− 4,84	− 4,66	− 6,1	− 3,7	100	+14	100	100	...	..	calme	1,5	10	0,0	4,3	− 0,6	1458
20	32,49	+ 4,66	29,3	36,6	+ 4,66	+ 4,80	− 4,2	+ 8,0	71	−15	35	100	1,2	3	SSW. 1	13,1	7	0,0	...	.....	1425
21	37,79	+ 9,98	36,7	38,8	+ 3,51	+ 3,62	+ 0,8	+ 7,4	79	− 7	68	89	...	..	calme	2,1	9	0,0	5,0	+ 0,1	1465
22	38,04	+10,25	37,6	39,4	+ 0,87	+ 0,94	− 1,6	+ 6,7	97	+11	89	100	...	..	calme	2,1	8	2,5	5,0	+ 0,2	1490
23	39,37	+11,60	38,8	41,8	+ 0,46	+ 0,49	− 1,7	+ 3,2	95	+ 9	88	100	...	..	var.	7,3	10	0,0	5,1	+ 0,3	1420
24	36,71	+ 8,97	35,2	38,7	+ 1,21	+ 1,20	0,0	+ 3,6	93	+ 8	86	98	...	..	SE. 1	2,1	10	0,0	5,2	+ 0,4	1432
25	35,23	+ 7,52	34,1	36,2	+ 4,29	+ 4,23	+ 0,5	+ 9,5	82	− 3	65	96	0,2	..	var.	0,8	7	0,0	5,0	+ 0,2	1385
26	31,34	+ 3,66	29,3	34,6	+ 3,80	+ 3,70	+ 2,0	+ 7,1	79	− 6	63	89	6,0	6	SSW. 2	21,1	10	0,2	5,1	+ 0,3	1375
27	26,13	− 1,52	22,3	30,7	+ 5,24	+ 5,09	+ 2,2	+ 8,1	81	− 4	71	90	14,1	11	SSW. 3	24,1	10	0,0	...	.....	1395
28	23,06	− 4,55	19,3	26,2	+ 5,61	+ 5,40	+ 2,7	+ 8,8	76	− 9	62	90	12,1	10	SSW. 2	25,0	10	0,0	5,7	+ 0,9	1405
29	16,92	−10,65	15,4	19,2	+ 3,20	+ 2,94	− 0,1	+ 7,3	71	−14	38	97	5,0	4	SSW. 1	10,0	9	3,7	5,8	+ 1,0	1385
30	17,71	− 9,79	15,0	18,7	− 1,06	− 1,38	− 3,5	+ 4,1	81	− 4	55	99	0,2	..	SSW. 1	6,0	8	3,8	4,9	+ 0,1	1435
31	19,21	− 8,28	17,9	22,2	− 0,08	− 0,46	− 5,1	+ 5,0	77	− 8	55	95	...	..	SSW. 1	5,0	4	5,4	4,8	0,0	1470
Mois	730,02	+ 2,63			− 0,08	0,00			84	− 2						9,44	7,9		5,0	− 0,1	1492

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1901

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	726,80	727,11	727,24	727,98	727,38	727,03	727,40	727,76
2e »	33,31	33,29	33,32	34,09	33,28	33,27	33,78	34,16
3e »	29,65	29,50	29,47	29,99	29,10	28,74	28,74	28,65
Mois	29,91	29,95	29,99	30,66	29,89	29,65	29,94	30,14

Température.

	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc.	— 2,55	— 3,02	— 3,16	— 2,20	— 0,21	— 0,19	— 1,70	— 2,71
2e »	— 2,46	— 1,56	— 1,65	— 0,95	+ 0,75	+ 0,39	— 0,90	— 1,52
3e »	+ 1,73	+ 1,63	+ 0,97	+ 1,92	+ 4,05	+ 4,22	+ 2,89	+ 2,28
Mois	— 1,00	— 0,90	— 1,21	— 0,34	+ 1,61	+ 1,56	+ 0,19	— 0,55

Fraction de saturation en %.

1re décade	87	88	90	82	75	79	81	86
2e »	93	86	87	86	80	83	86	92
3e »	88	89	88	84	74	72	81	87
Mois	90	88	88	84	76	78	83	88

	Therm. min.	Therm. max.	Temp. du Rhône.	Nébulosité moyenne.	Insolation. Durée en heures.	Chemin parcouru p. le vent.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		h.	kil. p. h.	mm	
1re déc.	— 4,85	+ 0,85	+ 4,86	6,5	16,9	13,94	0,1	1576
2e »	— 3,59	+ 0,17	+ 4,94	8,5	9,1	4,87	1,2	1485
3e »	— 0,35	+ 6,44	+ 5,16	8,7	15,6	9,51	37,6	1423
Mois	— 2,85	+ 3,41	+ 5,00	7,9	41,6	9,44	38,9	1492

Dans ce mois l'air a été calme 39,8 fois sur 100.

Le rapport des vents du NNE. à ceux du SSW. a été de 1,37.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 41°,8 W. et son intensité est égale à 16,3 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JANVIER 1901.

Le 1er, brouillard et forte bise pendant tout le jour; neige.
2, brouillard et forte bise pendant tout le jour; neige.
3, brouillard et forte bise pendant tout le jour.
4, forte bise à 7 h. du matin.
5, grand froid; fraction de saturation : 42 % à 7 h. du matin et 38 % à 1 h. du soir; brouillard et très forte bise depuis 7 h. du soir.
8, fort vent pendant tout le jour.
9, fort vent à 10 h. du soir.
10, fort vent le matin jusqu'à 1 h. du soir.
13, fraction de saturation : 15 % à 1 h. et à 9 h. du soir.
14, » » 12 % à 7 h. du matin, 10 % à 1 h. du soir.
17, » » 7 % à 1 h. du soir.
20, neige depuis 4 h. du soir; forte bise à 10 h. du soir.
21, neige à 10 h. du matin et à 7 h. du soir; brouillard à 4 h. et à 10 h. du soir.
22, fraction de saturation : 14 % à 9 h. du soir.
23, » » 5 % à 7 h. du matin, 12 % à 1 h. et 13 % à 9 h. du soir.
25, brouillard à 7 h. du matin et à 10 h. du soir; neige de 1 h. à 7 h. du soir.
26, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et à 7 h. du soir; neige de 1 h. à 4 h. et depuis 9 h. du soir; très forte bise depuis 1 h. du soir.
27, brouillard le matin jusqu'à 7 h. du soir; neige et forte bise depuis 9 h. du soir.
28, brouillard le matin jusqu'à 7 h. du soir; très forte bise jusqu'à 10 h. du matin; très fort vent de 1 h. à 7 h. du soir; neige depuis 9 h. du soir.
29, neige jusqu'à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir; brouillard à 1 h. du soir; très fort vent à 7 h. du matin et très forte bise de 10 h. du matin à 7 h. du soir.
30, brouillard et forte bise à 7 h. du matin; neige.
31, forte bise de 10 h. du matin à 1 h. du soir; fort vent depuis 4 h. du soir.

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux suivants.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à minuit	552,2	Le 2 à 7 h. soir	560,2
6 à minuit	53,9	9 à 10 h. matin	64,9
11 à 1 h. matin	63,1	14 à 10 h. matin	70,5
30 à 1 h. matin	48,9	23 à midi	74,9

SAINT-BERNARD. — JANVIER 1901

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum observé au barographe	Maximum observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.	Fraction de saturation moyenne	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°		cm	mm			
1	557,44	— 3,92	552,2	560,0	— 9,51	— 0,90	— 9,8	— 6,6	95	6	6,0	NE.	2	8
2	59,75	— 1,58	59,1	60,2	—11,39	— 2,75	—11,7	— 5,0	95	3	2,5	NE.	2	10
3	59,52	— 1,79	59,0	60,0	—15,34	— 6,67	—18,4	—11,6	92	.....	.....	NE.	2	10
4	58,01	— 3,28	57,1	58,9	—18,53	— 9,83	—19,8	—14,6	71	.....	.....	NE.	1	0
5	54,44	— 6,83	51,9	57,1	—21,26	—12,53	—22,2	—16,7	55	.....	.....	NE.	1	3
6	55,12	— 6,13	53,9	57,4	—18,73	— 9,96	—23,0	—15,3	79	.....	.....	NE.	1	0
7	59,22	— 2,01	57,4	61,2	—15,58	— 6,78	—17,8	—12,6	67	.....	.....	SW.	1	0
8	63,20	+ 1,99	62,0	64,6	—13,69	— 4,86	—14,6	—10,0	68	.....	.....	SW.	2	1
9	64,49	+ 3,31	64,0	64,9	— 9,79	— 0,94	—11,9	— 3,8	82	.....	.....	SW.	1	1
10	63,01	+ 1,86	62,4	63,9	—10,51	— 1,64	—12,4	— 6,0	89	.....	.....	SW.	2	2
11	63,89	+ 2,77	63,1	65,2	— 9,43	0,54	—11,4	— 5,8	85	.....	.....	SW.	1	2
12	66,08	+ 4,98	65,4	66,6	9,76	— 0,85	—11,0	— 5,6	73	.....	.....	SW.	1	0
13	68,29	+ 7,22	66,7	70,0	— 8,41	+ 0,52	—10,8	— 3,0	20	.....	.....	SW.	1	0
14	69,80	+ 8,76	69,3	70,5	— 5,89	+ 3,06	— 8,2	— 2,4	16	.....	.....	SW.	1	0
15	68,68	+ 7,67	67,7	69,6	— 7,73	+ 1,24	— 9,1	— 2,3	28	.....	.....	SW.	1	0
16	67,24	+ 6,26	66,5	68,0	— 8,04	+ 0,95	— 9,6	— 3,6	27	.....	.....	SW.	1	0
17	66,50	+ 5,55	66,2	67,0	— 5,24	+ 3,77	— 8,4	— 1,3	13	.....	.....	SW.	1	0
18	67,63	+ 6,71	67,0	68,5	— 5,36	+ 3,66	— 7,6	— 1,6	26	.....	.....	SW.	1	0
19	66,78	+ 5,89	66,0	67,9	— 7,34	+ 1,69	— 8,6	— 5,0	43	.....	.....	SW.	1	1
20	66,56	+ 5,70	66,0	68,0	— 6,36	+ 2,68	— 8,9	2,9	68	8	7,2	NE.	1	7
21	69,91	+ 8,09	68,0	71,3	— 4,96	+ 4,09	—10,3	— 2,8	86	6	6,0	NE.	1	9
22	72,70	+11,91	71,4	74,3	+ 2,04	+11,10	— 4,0	+ 5,5	43	.....	.....	SW.	1	0
23	74,55	+13,79	74,2	74,9	+ 2,44	+11,51	— 0,5	+ 6,2	10	.....	.....	NE.	1	0
24	72,57	+11,84	71,2	74,2	+ 1,16	+10,23	— 1,4	+ 5,2	23	.....	.....	SW.	1	1
25	69,97	+ 9,28	67,1	71,2	— 4,49	+ 4,59	— 5,6	0,0	83	16	10,0	NE.	1	9
26	62,85	+ 2,20	59,8	67,3	—10,98	— 1,90	—12,9	— 6,7	90	20	13,0	NE.	3	10
27	60,65	+ 0,04	58,5	62,3	— 4,78	+ 4,30	—12,5	— 2,6	93	22	18,0	NE.	1	10
28	56,73	— 3,84	54,6	58,7	— 8,38	+ 0,70	— 9,9	— 5,7	89	28	25,0	SW.	2	10
29	50,58	— 9,96	49,0	54,4	—13,38	— 4,30	—15,4	— 8,2	88	20	18,0	NE.	2	10
30	50,01	—10,50	48,9	50,6	—16,89	— 7,82	—19,6	—13,8	80	2	1,3	NE.	1	4
31	52,87	— 7,61	51,3	55,8	—15,46	— 6,39	—18,8	—12,7	70	.....	.....	SW.	2	1
Mois	63,19	+ 2,70			— 9,41	— 0,37			63					3,6

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — JANVIER 1901.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	558,96	559,04	559,30	559,64	559,35	559,45	559,72	559,89
2e » ...	67,02	67,01	66,94	67,33	67,10	67,00	67,26	67,49
3e » ...	63,73	63,25	62,85	63,13	62,78	62,79	62,90	62,85
Mois	63,25	63,10	63,03	63,36	63,07	63,07	63,29	63,39

Température.

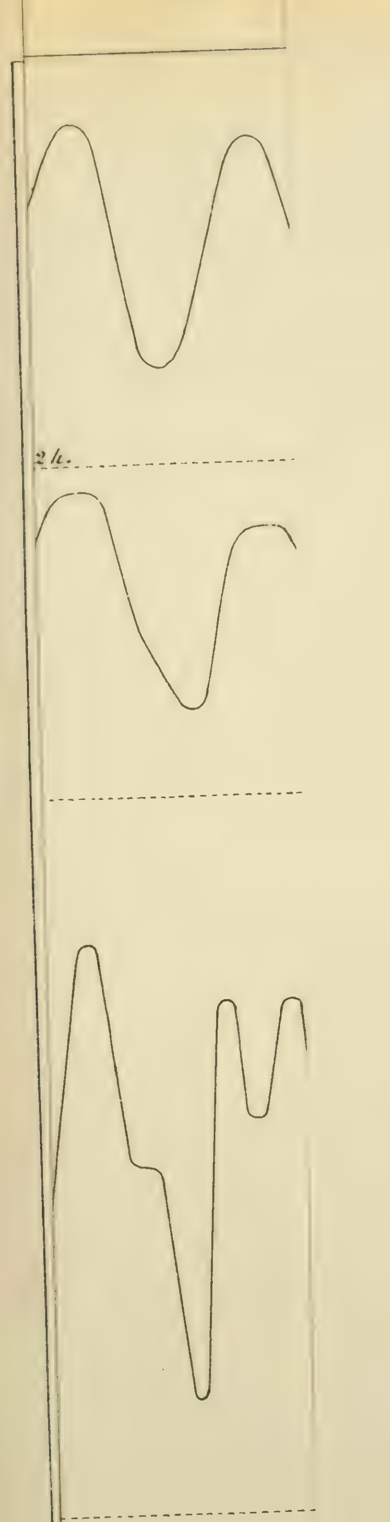
	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Min. obs	Max. obs.
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc	—14,69	—13,72	—12,50	—13,61	—14,25	—14,47	—16,16	—10,22
2e » .	— 8,09	— 6,90	— 4,37	— 6,08	— 7,63	— 7,66	— 9,36	— 3,25
3e » .	— 7,07	— 6,16	— 4,55	— 5,67	— 6,40	— 6,97	—10,08	— 3,24
Mois.	— 9,86	— 8,84	— 7,05	— 8,36	— 9,35	— 9,61	—11,81	— 5,49

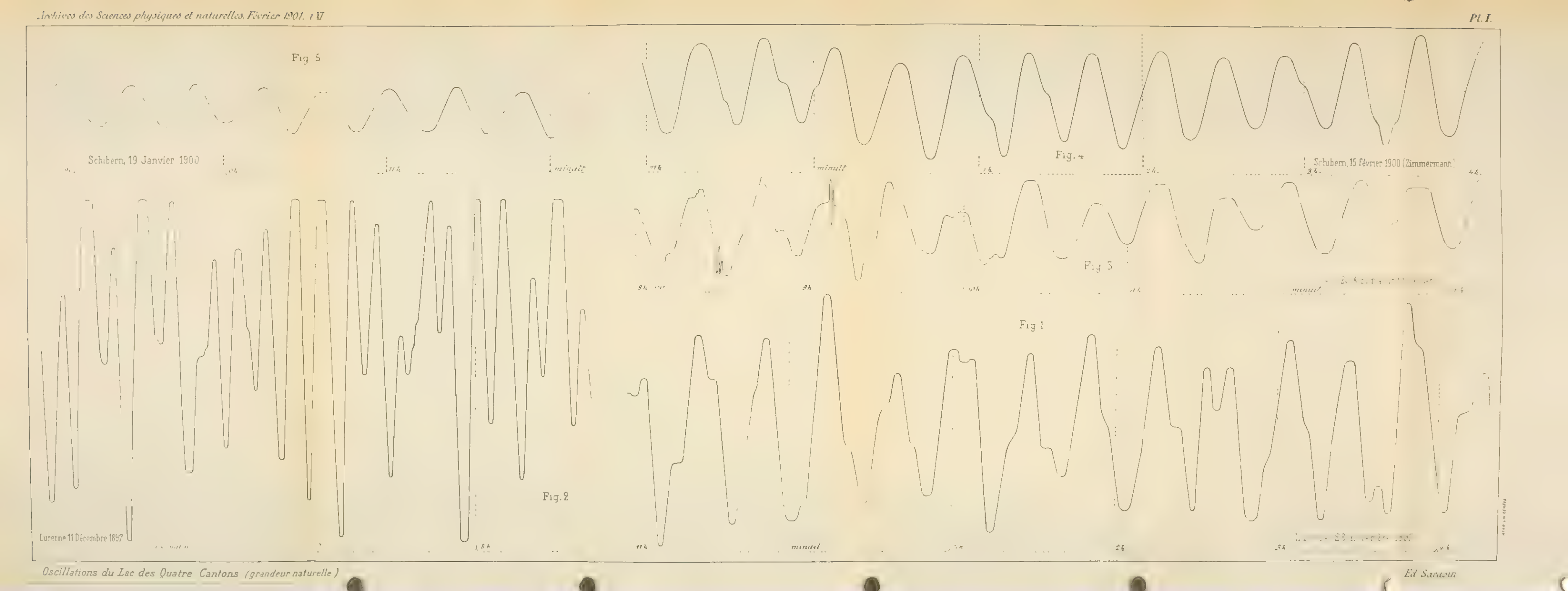
	Fraction de saturation en %.			Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige.
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.		mm	cm
1re décade ...	80	75	83	3,6	8,5	9
2e » ...	38	36	46	1,0	7,2	8
3e » ...	69	70	67	6,0	91,3	114
Mois	63	61	65	3,6	107,0	131

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SW a été de 1.12.

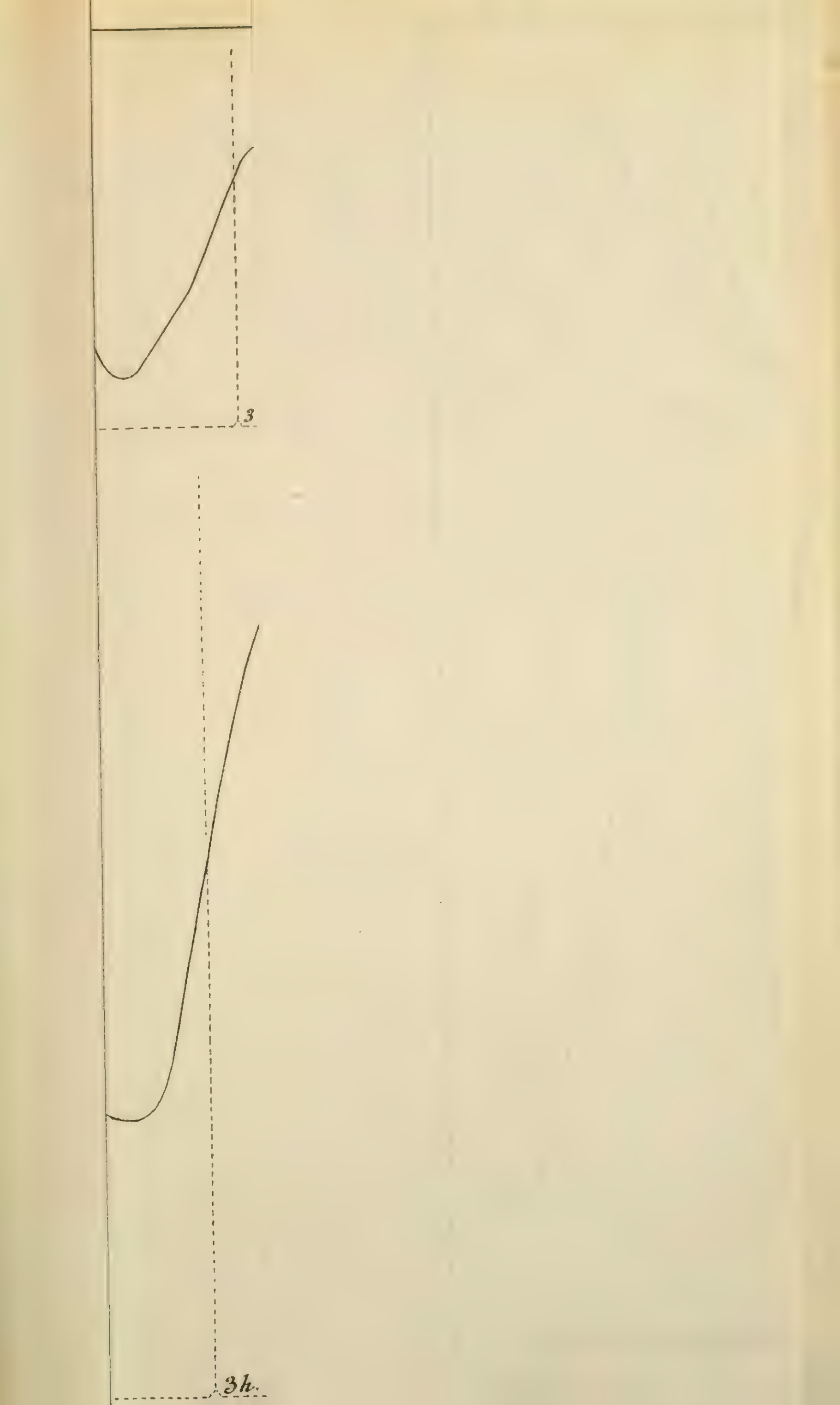
La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 7,52 sur 100.

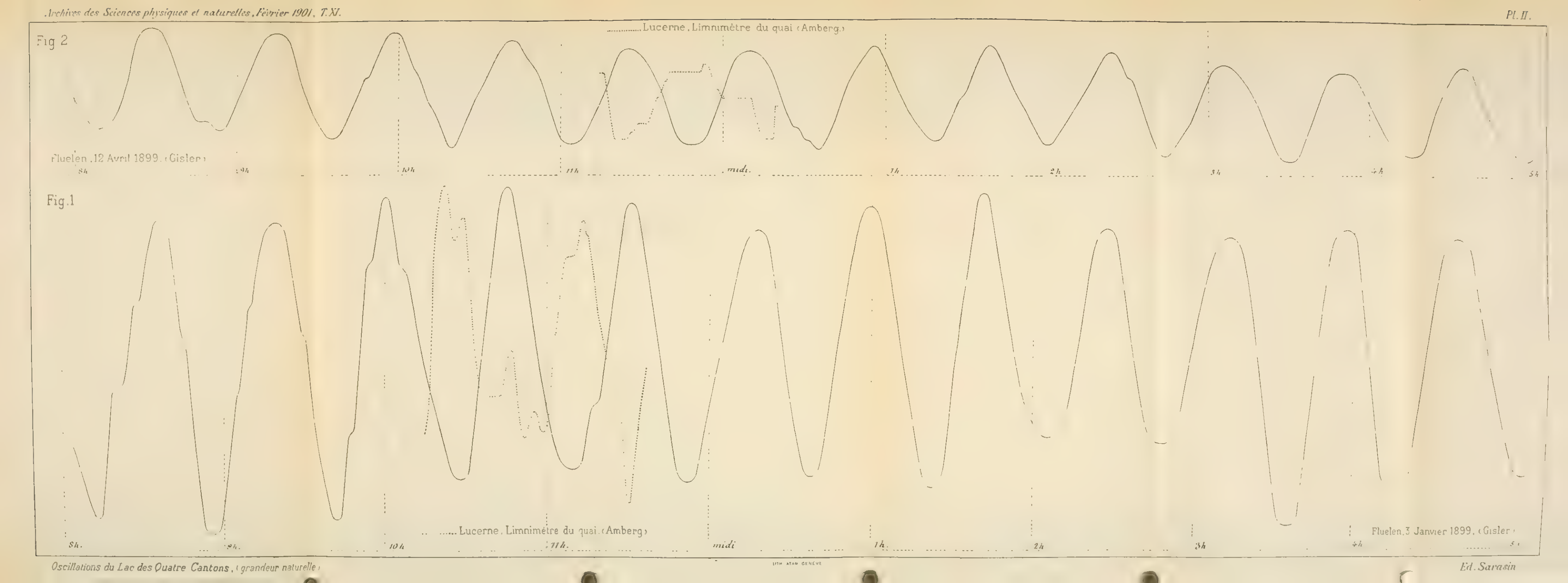

2 h.



Oscillations du Lac des Quatre Cantons (grandeur naturelle)

Ed Sarasin


3
3h.

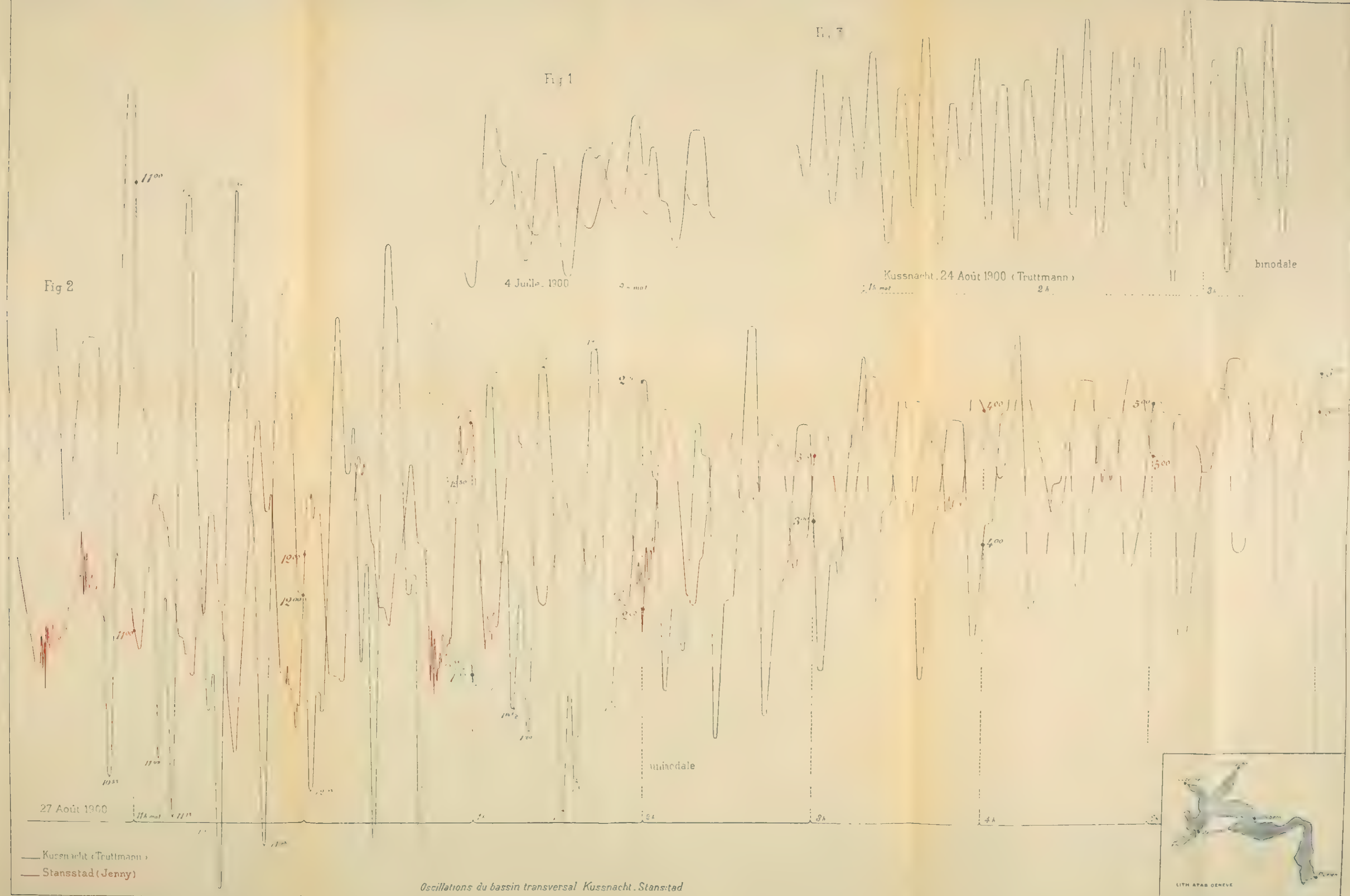


Oscillations du Lac des Quatre Cantons, (grandeur naturelle) Ed. Sarasin

R GENÈVE

n

Ed. Sarasin



Oscillations du bassin transversal Kussnacht. Stansstad

Oscillations du Lac des Quatre Cantons (grandeur naturelle)

Ed. Sarasin

ÉTUDE CRITIQUE

SUR

L'EMPLOI DU COMPTE-GOUTTES

POUR

LA MESURE DES TENSIONS SUPERFICIELLES

PAR

Ph.-A. GUYE et F.-Louis PERROT[1]

(Avec la planche IV)

Introduction

M. Eötvös[2] a introduit dans l'étude des tensions superficielles la notion de *tension superficielle moléculaire*, dont l'importance physico-chimique a été mise en évidence par les travaux de MM. W. Ramsay et J. Shields[3].

D'après ces recherches, la tension superficielle molé-

[1] Une communication sur ce sujet a déjà été faite par nous à la Société de physique et d'hist. nat. de Genève. Séance du 16 novembre 1899. Voir *Archives*, t. VIII, p. 590 (1899). Nos conclusions se sont quelque peu modifiées depuis lors en ce qui concerne le degré d'approximation de la loi de proportionnalité.

[2] *Wied. Ann.*, t. XXVII, p. 452 (1886).

[3] *Zeitschrift für Physikal. Chemie*, t. XII, p. 433 (1893).

culaire est donnée par l'expression $\gamma M v^{\frac{2}{3}}$ dans laquelle γ représente la tension superficielle en dynes, M le poids moléculaire, et v le volume apparent occupé par un gramme de liquide à la température considérée.

Les travaux des deux savants anglais ont en outre montré que cette quantité est une fonction linéaire de la température, la même pour tous les corps, à la condition toutefois que le liquide conserve la même complexité moléculaire dans tout l'intervalle de température considéré; le coefficient de température est de 2,12.

Lorsque la complexité moléculaire varie entre deux températures, ce coefficient varie aussi; en outre il prend une valeur différente de la valeur moyenne 2,12 trouvée par MM. Ramsay et Shields pour tous les liquides normaux.

Ce résultat très important a permis de reconnaître en particulier qu'un certain nombre de liquides sont constitués par des mélanges de molécules simples etde molécules complexes en proportions variables avec la température.

MM. Ramsay et Shields ont opéré par la méthode des ascensions capillaires, après avoir démontré que les mesures par ascensions doivent, pour être exactes, s'effectuer dans le vide, ou plus précisement dans la vapeur émise par le liquide dans un espace privé d'air.

Bien que le manuel opératoire ne présente pas de grandes difficultés, il nécessite une certaine pratique de la part de l'expérimentateur avant de pouvoir fournir des résultats exacts.

D'autre part presque tous les ouvrages didacti-

ques[1] enseignent que *les poids des gouttes de divers liquides issues d'un même orifice sont proportionnels aux tensions superficielles de ces liquides.*

Cette loi, que nous désignerons dans la suite sous les termes de *loi de proportionnalité*, est exprimée, à un facteur constant près, par la formule

$$p = 2 \pi r \gamma$$

dans laquelle p = le poids d'une goutte tombée; et r le rayon extérieur du tube d'écoulement[2].

Il s'agit là d'une généralisation des lois de Tate qui ne nous paraît pas encore être basée sur des données expérimentales suffisamment nombreuses et précises,

[1] Voir en particulier :

Jamin et Bouty : *Cours de physique*, tome I, fasc. 2, pp. 64* et 65*. Paris 1891.

Violle : *Cours de physique*, tome I, p. 658. Paris 1884.

2me supplément au Dictionnaire de chimie de Würtz. Article capillarité, p. 956.

Damien et Paillot : *Manipulations de physique*, p. 103. Paris 1896.

Wüllner : *Lehrbuch der Experimental Physik*. Bd. I, p. 411. Leipzig 1895.

Eilh. Wiedemann und H. Ebert : *Physikalisches Prakticum*, p. 125. Braunschweig 1897.

Dans son *Lehrbuch*. 2me éd., t. I, p. 520, et déjà dans son *Hand- und Hilfsbuch zur Ausführung physiko-chemicher Messungen*, p. 200-201, Leipzig 1893, M. Ostwald a proposé de prendre pour le terme p dans la formule de proportionnalité, non pas le poids d'une goutte *tombée*, comme le font tous les auteurs de traités généraux, mais le poids de toute la masse de liquide qui se trouve située au-dessous de la section droite du tube à l'instant de la chute de la goutte. Ce point de vue sera examiné dans la 3me série de nos recherches.

[2] On comprend que la simplicité de cette formule ait conduit à une méthode de mesure des tensions superficielles au moyen du poids des gouttes.

d'autant plus que l'étude des mémoires originaux montre que les auteurs qui se sont occupés de la question ont presque tous formulé des réserves au sujet de la proportionnalité des poids des gouttes aux tensions.

Si l'on remarque enfin qu'aucun de nos devanciers n'a jusqu'ici contrôlé l'exactitude de la loi de proportionnalité en se servant de la méthode, seule rigoureuse, de MM. Ramsay et Shields, on trouvera, pensons-nous, justifiées les recherches que nous présentons aujourd'hui.

Elles ont pour but de déterminer les conditions dans lesquelles les tensions superficielles mesurées par la méthode des gouttes formées dans l'air seraient réellement comparables aux valeurs de ces mêmes tensions obtenues par la méthode des ascensions capillaires dans le vide.

Nous nous sommes donc attachés à mesurer, dans des conditions diverses, le poids des gouttes d'un assez grand nombre de liquides organiques, appartenant à des types et fonctions chimiques très variés, les uns relativement volatils, les autres à points d'ébullition élevés, en nous servant presque toujours des échantillons même sur lesquels des auteurs, ayant travaillé dans le même laboratoire que nous, avaient mesuré les tensions superficielles par la méthode des deux savants anglais.

L'intérêt pratique de nos recherches réside dans le fait que si l'on parvenait à établir les conditions de proportionnalité des poids de gouttes aux tensions, il suffirait de deux mesures de tensions superficielles, effectuées à deux températures différentes par la méthode des gouttes, pour en déduire les valeurs correspon-

dantes de la tension superficielle moléculaire et en conclure si le corps étudié est normal ou anormal.

Nous devons dire tout de suite que nous ne sommes pas arrivés à une solution complète du problème, dont l'ensemble de nos recherches montrera l'extrême complexité.

Nous croyons cependant avoir trouvé des solutions partielles qui pourront être utiles dans la pratique.

Notre mémoire est divisé en cinq parties. La première est consacrée à la bibliographie des travaux antérieurs relatifs à la question ; celle-là étant généralement très incomplète dans les traités généraux, nous avons cru bien faire d'en donner un résumé moins sommaire.

Les quatre parties suivantes sont relatives à des séries de recherches que nous avons exécutées dans des orientations différentes, expliquées en tête de chaque partie. Nous chercherons enfin, dans nos conclusions, à dégager de l'ensemble les points qui nous sembleront véritablement acquis.

BIBLIOGRAPHIE

Sans remonter aux plus anciens travaux cités dans l'ouvrage de Frankenheim[1] sur la cohésion, nous trouvons dans ce livre même de très intéressantes recherches faites par l'auteur et qui nous paraissent avoir été quelque peu oubliées.

Frankenheim semble être le premier qui ait expérimentalement établi que *le volume des gouttes s'accroît avec leur vitesse d'écoulement*. Autrement dit que

[1] L. Frankenheim : *Die Lehre der Cohäsion*. Breslau (1835), p. 95-96.

plus l'intervalle séparant la chute de deux gouttes successives est petit, plus le poids des gouttes est fort.

Voici le tableau donné par Frankenheim pour une température de 20°. Il prend pour unité le volume d'une goutte lorsque l'intervalle entre chaque goutte est maximum, soit de 3.76 unités de temps.

EAU		ESPRIT DE VIN	
Temps	Grandeur de goutte	Temps	Grandeur de goutte
3.76	1.00	1.67	1.00
2.28	1.06	1.35	1.04
1.78	1.09	0.65	1.14
1.55	1.17	0.40	1.21
1.11	1.30	0.39	1.63
0.94	1.40	0.37	1.76
0.85	1.44		
0.79	1.55		

Désirant ne retenir de chaque mémoire que les faits expérimentaux, en les dégageant des spéculations théoriques, souvent contradictoires, dont les auteurs les accompagnent, nous ne nous étendrons pas sur le paragraphe dans lequel Frankenheim, après avoir constaté qu'*une élévation de température diminue le poids des gouttes*, cherche à expliquer l'effet concomitant de cette élévation elle-même et de l'accélération d'écoulement qu'elle cause.

Nous ferons, par contre, observer que Frankenheim, avec une intuition remarquable, insiste sur l'importance que la pesée des gouttes prendra le jour où on aura pu rattacher leur formation aux lois de la *syna-*

phie, terme suranné sous lequel il semble comprendre l'ensemble des phénomènes capillaires[1].

G. Hagen a publié un mémoire *sur la surface des liquides*[2].

A la page 19 il décrit la manière dont l'eau se comporte au début de la formation d'une goutte issue d'un tube étroit : le liquide grimpe sur les parois extérieures avant d'augmenter le volume de la goutte proprement dite : preuve, selon Hagen, de la présence d'une force capillaire qui l'emporte d'abord sur la pesanteur en poussant le liquide de bas en haut. Dans la seconde partie du travail (p. 166 à 170) l'auteur étudie de plus près le phénomène des gouttes. Il considère qu'un déchirement de la surface a lieu par la pesanteur. Pour cette étude il préfère aux tubes capillaires des disques en laiton, de section circulaire, pour éviter que le liquide ne grimpe sur les parois verticales comme dans le cas des tubes.

Les expériences portèrent sur un tube et sur quatre disques et furent conduites de façon à ce que les gouttes fussent espacées de 1 $^1/_2$ seconde, 1 seconde et $^2/_3$ de seconde. On comptait 50 ou 100 gouttes. Désignant par a, b, c, les trois intervalles de temps, Hagen a trouvé, conformément à l'observation de Frankenheim, que le poids augmentait avec la vitesse d'écoulement

[1] Loc cit, p. 100. « Denn ist est gelungen die Grössen der Nor-« maltropfen auf die übrigen Synaphie-Phänomenen zu reduciren, « so besitzen wir in den Tropfen das leichteste und genaueste « Mass um die Synaphie zu messen. »

[2] *Pogg. Ann.*, t. CXLIII. p. 1 et p. 169 (1846).

Ainsi tube A : épais de 0,62 ligne
Poids d'une goutte *a*) 0,406 grain
b) 0,413
c) 0,422
Disque B ; diamètre = 0,88 ligne
Poids d'une goutte *a*) 0,569 grain
b) 0,577
c) 0,585

De même pour les trois autres disques et les divers tubes (voir p. 168). Il attribue ce changement dans le poids à l'altération de la couche superficielle avec le temps.

Hagen calcule ensuite la résistance (Festigkeit) de la surface par la formule $T = \frac{G}{2 r \pi}$ où G = poids de la goutte et T cette résistance[1]. Il trouve qu'elle varie notablement avec les disques et les vitesses d'écoulement :

Tube ou disque	T		
	a	*b*	*c*
A	0.208	0.212	0.217
B	0.206	0.209	0.212
C	0.194	0.198	0.202
D	0.187	0.191	0.192
E	0.182	0.188	0.198

Hagen cherche à se rendre compte de ces variations et remarque qu'une partie du liquide reste toujours en arrière après la rupture de la surface. Cette rupture

[1] T se confond donc avec ce que nous appelons aujourd'hui la tension superficielle donnée par la loi de proportionalité $p = 2 \pi r \gamma$.

a lieu à une certaine distance au-dessous du plan du disque. Il suppose que la portion restant en arrière est proportionnelle à la troisième puissance du diamètre du disque ou du tube. La véritable équation doit alors être selon lui :

$$G + r^3 x = 2 r \pi T$$

Cette équation lui semble donner des résultats satisfaisants lorsqu'on s'en sert pour calculer à la fois T et x avec les poids G trouvés par les différents tubes en choisissant de préférence les vitesses d'écoulement les plus lentes (gouttes les plus espacées, cas désigné par *a* ci-dessus).

Hagen calculait par la méthode des moindres carrés les valeurs de x et de T, et il trouvait comme conséquence de ces valeurs : que *la hauteur de flèche de la demi-sphère de liquide qui reste en arrière attachée au tube est de* $^1/_5$ r *environ.*

Les lois connues sous le nom de Tate ont été effectivement formulées par cet auteur en 1864 dans une note parue dans le *Philosophical Magazine*[1]. En voici les énoncés :

1° Toutes choses égales d'ailleurs, le poids d'une goutte liquide est proportionnel au diamètre du tube dans lequel elle se forme.

2° Le poids de la goutte qui s'écoule d'un tube est proportionnel au poids du liquide qui serait soulevé dans ce tube par suite de l'action capillaire.

3° L'augmentation dans le poids des gouttes est

[1] Cette note a été traduite *in extenso* dans les *Archives*, t. XX (1864), p. 38.

proportionnelle aux diamètres des surfaces circulaires sur lesquelles elles se forment.

4° Toutes choses égales d'ailleurs, un accroissement de température tend à diminuer le poids de la goutte liquide.

Ces lois ont été résumées dans la formule de proportionnalité $P = 2\pi r\gamma$ adoptée dans la suite par la plupart des ouvrages didactiques.

QUINCKE, dans un travail paru en 1865[1], se borne à admettre la formule proposée par Hagen pour la correction à faire sur P, à cause de la portion de liquide restant en arrière. Nous n'entrerons pas dans les détails vu qu'il s'agit de constantes capillaires de *métaux* au voisinage du point de fusion. Les expériences sont nécessairement d'un degré de précision assez limité, qui ne prête pas à une sûre critique de la loi de proportionnalité.

Dans un des mémoires que ATHANASE DUPRÉ a consacrés à la théorie mécanique de la chaleur, il a abordé, à propos du *travail des forces moléculaires*, la théorie des phénomènes capillaires[2]. On trouvera dans ce travail plusieurs considérations sur les lois de l'écoulement par gouttes et sur la tension à l'intérieur des gouttes. Nous ne pouvons mieux faire que de renvoyer à l'analyse de la théorie de Dupré telle que l'a faite M. Duclaux[3] dans un mémoire dont nous parlerons plus loin.

[1] *Fortschritte der Physik*, vol. XXI, p. 99 (1865).

[2] *Ann. de Chim. et de Phys.*, 4e s., t. IX, p. 328 (1866).

[3] *Ann. de Chim. et de Phys.*, 4e s., t. XXI, p. 389 et suiv. (1870).

F. GUTHRIE[1] a opéré en produisant des gouttes, non à la sortie d'un tube, mais à la partie inférieure de billes ou de boules garnies de coton sur lesquelles le liquide était répandu. L'auteur a observé avec l'huile de noix de coco que les gouttes sont d'autant plus lourdes qu'elles se succèdent plus rapidement. Voici un extrait du tableau qu'il donne, et qui confirme les faits observés par Frankenheim.

Huile de coco (à 29° tempér.)

Temps de formation.	Poids de la goutte.
"	Gr.
0,417	0,0826
0,433	0,0807
0,467	0,0792
0,483	0,0793
0,600	0,0732
0,750	0,0710
1,000	0,0660
2,000	0,0571
4,000	0,0556
12.000	0,0520

Guthrie a constaté avec les liquides filants l'existence du *ligament* observé par Savart, par Magnus et plus tard encore par M. Lenard; il a trouvé que, suivant la manière dont ce ligament se rompait, celui-ci pouvait augmenter d'une façon irrégulière le poids des gouttes, à la suite de circonstances accidentelles, comme un léger choc.

Il a observé l'influence de la courbure sur le poids des gouttes : leur poids diminue avec le rayon de la boule solide.

[1] *Proceed. of the Royal Society*, vol. XIII, p. 444 et XIV, p. 22 et le résumé fait par Quincke, *Pogg. Ann.* CXXXI, p. 128 (1867).

Guthrie a constaté également que le poids des gouttes change lorsque, toutes choses égales d'ailleurs, on emploie des boules de substances différentes (tableau VI, p. 134). Ces résultats sont d'accord avec ceux de Wilhelmy[1] qui trouve des constantes capillaires différentes pour un même liquide soulevé au moyen de disques de matières différentes. Par contre Lebaigue (voir plus bas) n'a pas observé de variation dans les poids lorsque les gouttes sortaient de tubes formés de substances diverses.

On voit dans un des tableaux donnés par Guthrie que le poids diminue quand la température des liquides augmente.

Comme résultat pratique de ces divers essais, l'auteur fait observer que l'on a dans la pesée des gouttes un moyen de se rendre compte de la composition centésimale de mélanges de corps dont les autres propriétés physiques sont trop voisines pour donner des indications sur la proportion des divers composants. Il donne le nom de *stalagmomètre* à l'appareil disposé dans ce but.

Un second mémoire de Guthrie est consacré à l'étude des vitesses d'ascension des liquides dans des tubes et de la vitesse de bulles de divers gaz montant à travers des liquides, mais ces phénomènes là ne rentrent pas dans notre sujet.

Quincke, en analysant les mémoires de Guthrie, les accompagne de réflexions personnelles. C'est ainsi que p. 136-139 il cherche à rattacher les résultats numériques du savant anglais à la formule proposée

[1] *Berl. Berichte*, 1863, p. 68 et *Pogg. Ann.*, CXIX, p, 177 (1863).

par Hagen pour tenir compte des portions restant adhérentes au support ($\alpha\, 2\, r\, \pi = G + r^2 x$)[1]. Il faut noter que Quincke admet que la formule $\alpha = \frac{G}{2\, r \pi}$, $\left(\text{ou } \gamma = \frac{P}{2\, \pi\, r}\right)$ ne conviendrait que si l'on était en droit de supposer qu'aucune trace de la goutte ne reste adhérente au support après la chute et qu'en outre les parois verticales cylindriques ne sont revêtues que d'une couche de liquide d'épaisseur négligeable. Quant à l'accord que Quincke trouve entre les valeurs de la constante capillaire calculée par le poids des gouttes et celles calculées par d'autres méthodes (p. 138) il nous paraît bien insuffisant pour justifier comme il le pense la loi de proportionalité. Voici le tableau donné par Quincke (p. 138). Les *constantes capillaires* y sont exprimées en milligrammes, en partant de celle de l'alcool admise = 2,509 et calculant les autres proportionnellement aux poids observés.

Constantes capillaires.

	par poids	par autres méthodes
Eau	9,421	8,0 (Q)
Glycérine	8,130	5,7 (W) — 6.8 (M)
Acide butyrique	3,69	2,807
Mercure	49.99	49,56 — 55,2 (Q)
Benzol	3.03	2,998 (Q)
Térébenthine	2,751	2,861 (F)
Alcool	2,509	2,509
Ether acétique	2,636	2,464 (W)
Acide acétique	2.884	2,973 (W)

F = Frankenheim; M = Mendéléef; Q = Quincke; W = Wilhelmy

[1] Hagen appelait T ce que Quincke appelle α, c'est-à-dire la constante capillaire.

E. Lebaigue a présenté à la Société de pharmacie de Paris dans sa séance du 6 novembre 1867 un intéressant travail sur les compte-gouttes et les conditions d'écoulement des liquides par gouttes [1]. Bien que dans ses recherches il se proposât exclusivement un but pratique, celui de doter le Codex d'un mode empirique de dosage des médicaments par gouttes, l'auteur a fait un grand nombre d'observations qui méritent d'être tirées de l'oubli dans lequel elles semblent avoir été laissées [2]. Lebaigue rappelle d'abord qu'un travail, assez incomplet, sur les compte-gouttes, dû à Reveil, a paru en 1863 dans l'Annuaire pharmaceutique [3].

Voici quels nous semblent les points principaux à retenir des recherches de Lebaigue :

P. 85. On parvient à diminuer le poids des gouttes en enduisant les parois extérieures du tube d'une substance qui ne se laisse pas mouiller par le liquide.

P. 85-88. Il est très difficile de dégager l'influence respective de la densité, de la cohésion, de la viscosité, de l'élasticité et de la ténacité des liquides sur le poids des gouttes. En fait d'observations nous voyons que l'éther s'échappe en filet dans les mêmes conditions où l'eau coule goutte à goutte. L'huile de ricin, dont la consistance visqueuse et filante devait faire croire *a priori* qu'elle donnerait des gouttes relativement plus lourdes en donne, au contraire, dont le poids est

[1] *Journal de pharmacie et de chimie*, t. VII, p. 81 (1868).

[2] M. Duclaux, seul parmi les auteurs subséquents que nous passerons en revue, a cité un point du travail de Lebaigue.

[3] A propos du travail de Lebaigue nous citerons encore *pour mémoire* les auteurs de divers modèles de pipettes dites *stalagmométriques*, tels que Salleron, Berquier et Limousin. *Journ. de Pharm.* VIII, pp. 241, 453 (1863).

peu différent de celui des autres huiles. Une eau mucilagineuse de lin très épaisse, quoique sa densité soit celle de l'eau, ou à très peu près, donne des gouttes qui ne pèsent pas plus que de l'eau simple. Il en est de même d'une eau mucilagineuse de gomme adragante. De sorte que l'auteur se dit disposé à croire que « la viscosité n'agit pas sensiblement sur le poids des gouttes, mais plutôt sur leur forme en leur permettant de s'allonger plus ou moins aux dépens de leur volume et non aux dépens de la masse du liquide. »

Lebaigue (p. 8) a constaté la diminution causée sur le poids des gouttes par une élévation de température.

Il ne s'est pas occupé de la vitesse d'écoulement ou du temps qui sépare la chute de deux gouttes successives. Il a fait une expérience pour voir si la *pression hydrostatique*, quand le tube est plus ou moins rempli, exerce une influence sur le poids des gouttes. Il a opéré avec un tube plein d'abord jusqu'à 2 mètres, puis 1 mètre, puis 10 centimètres et a trouvé que la pression a pour effet de diminuer le poids des gouttes.

En vue d'étudier l'*effet de la forme et des dimensions du tube d'écoulement*, Lebaigue n'a pas essayé moins de *quarante-neuf tubes*, de matières, d'épaisseurs, d'orifices, de formes différentes. Voici ses conclusions :

1° La nature de la substance dont est fait le tube d'écoulement est sans influence sur le poids des gouttes à la condition que la substance puisse être mouillée par le liquide et que ce dernier n'exerce pas d'action chimique sur elle.

2° Le diamètre de l'*orifice* du tube d'écoulement est

également sans influence sur le poids des gouttes : il peut indifféremment être capillaire ou de plusieurs millimètres ; la vitesse d'écoulement est seule modifiée dans ces conditions. Quand le tube est plein, c'est-à-dire sans orifice, les gouttes qui s'écoulent en baignant les parois extérieures sont du même poids que celles qui s'écouleraient du même tube s'il était perforé.

3° L'épaisseur des parois est sans influence (corollaire de 2°).

4° Le diamètre total de la circonférence du tube d'écoulement (orifice et parois compris) fait seul varier le poids gouttes, et cela d'une manière régulière.

Suit un tableau d'où il résulte que sur 100 gouttes d'eau distillée, on constate que *pour un même liquide, le poids des gouttes est en raison directe du diamètre total du tube d'écoulement, et que l'augmentation est sensiblement de 0 gr. 013 par millimètre et par goutte.*

Lebaigue faisait ses expériences avec des tubes d'écoulement préalablement nettoyés avec soin et parfaitement mouillés par le liquide « afin que l'action capillaire put s'exercer plus régulièrement », dit-il.

M. E. Duclaux s'est occupé à deux reprises de la mesure des tensions superficielles par la méthode des gouttes.

Dans un premier mémoire[1], après avoir discuté les travaux de quelques-uns de ses devanciers, il constate que « tant que les gouttes restent dans des conditions de similititude faciles à réaliser, les poids des gouttes pour un même liquide sont proportionnels aux circonférences et aux diamètres des tubes desquels elles se

[1] *Ann. de chimie et de phys.*, 4e *série*, t. XXI, p. 378 (1870).

détachent, et que, pour un même tube et des liquides divers, les poids des gouttes sont proportionnels aux tensions superficielles de ces liquides.»

Ces conditions n'étant pas toujours remplies, M. Duclaux dresse ensuite une table de correction établie en comparant les résultats obtenus soit par la méthode des gouttes, soit par celle des ascensions capillaires.

Avec un même compte-gouttes donnant 100 gouttes d'eau et en faisant toujours écouler le même volume de liquide, il trouve, par exemple, un accord suffisant entre les deux méthodes tant que le nombre des gouttes est inférieur à 140. A partir de 140 gouttes, les rapports des tensions superficielles calculés en faisant le rapport des valeurs $\frac{100\,d}{n}$ de deux liquides (d = densité, n = nombre de gouttes) ne donnent des valeurs exactes qu'en faisant subir à n les corrections suivantes :

Jusqu'à			140 gouttes on retranche		0	gouttes
De	140	à	145	»	0,5	»
»	145	à	150	»	1	»
»	150	à	155	»	1,5	»
»	155	à	160	»	2	»
»	160	à	170	»	2,5	»
»	170	à	180	»	3	»
»	180	à	190	»	4	»
»	190	à	200	»	5	»
»	200	à	210	»	6	»
»	210	à	220	»	7	»
»	220	à	230	»	8,5	»
»	230	à	240	»	10	»
»	240	à	250	»	11	»
»	250	à	260	»	12	»
»	260	à	280	»	13	»
»	280	à	300	»	14	»

et ainsi de suite, en retranchant une goutte de plus pour chaque vingtaine de gouttes au-delà de 300.

Dans son second mémoire[1], M. DUCLAUX examine de nouveau avec soin le mécanisme de la formation des gouttes. Il discute et refait avec plus de rigueur la théorie de la tension superficielle des liquides sur les bases établies par Dupré.

Tout en reconnaissant que le diamètre du cercle de rupture n'est pas égal au diamètre du tube dont la goutte se détache, M. Duclaux admet que ces deux diamètres sont proportionnels entre eux tant que la goutte prend la forme renflée à sa partie inférieure. Dans ces limites on aurait, d'après M. Duclaux, pour un même liquide, la formule

$$\gamma = k\,Fr$$

le facteur k étant constant et ne dépendant ni de la forme de la goutte, ni de sa grosseur. « Il est dès lors naturel de penser qu'il se maintiendra le même si l'on change le liquide. Pour voir s'il en est ainsi, l'on n'aura qu'à faire écouler les deux liquides à travers divers orifices de sections convenables. Si k est constant, le rapport du poids des gouttes de ces deux liquides formées à l'extrémité d'un même tube devra être constant et égal à celui des tensions superficielles. »

M. Duclaux trouve, en effet, à peu près constant le rapport du poids des gouttes de différents liquides et de l'eau et conclut que l'on peut par conséquent compter sur la constance du nombre k. Voici quelques-uns des nombres trouvés par M. Duclaux :

[1] *Ann. de chim. et de phys.*, 5me série, t. XIII, p. 76 (1878).

	Pipette de 4me	Pipette de 3me
Alcool à 90°	0.345	0.340
Ether sulf.	0.235	0.235
Benzine	0.351	0.340
Pétrole	0.354	0.343
Chloroforme	0.355	0.356
Sulfure de carbone	0,420	0.420
Térébenthine	0.372	0.361

Indépendamment du mémoire de Dupré et d'un autre de LAMARLE[1] cité par M. Duclaux, nous avons à mentionner encore deux publications traitant le sujet des gouttes suspendues, à un point de vue purement mathématique, comme un intéressant problème d'analyse. Ces travaux sont dus à KURD LASSWITZ[2], de Breslau, et à E. MATHIEU[3].

En 1886, M. TRAUBE[4] s'est occupé du poids des gouttes pour en tirer des conclusions au sujet de l'angle de raccordement. Ce travail a surtout pour but de prouver que cet angle n'est pas nul.

Les points principaux à retenir dans ce mémoire sont ceux-ci :

1° Pour tous les liquides la valeur $\frac{P}{2 \pi r}$ est plus petite que celle que l'on trouve pour γ dans les expériences par ascension capillaire.

2° Ce quotient $\frac{P}{2 \pi r}$ augmente à mesure que le rayon

[1] *Mémoires Acad. royale de Belgique*, t. 35 et 36.
[2] *Pogg. Ann. Ergänzungsband* VI, p. 440 (1874).
[3] *Journal de physique*. III, p. 203 (1884).
[4] *Jour. für praktische Chemie*. NF. Bd 34, p. 292 et 515.

r du tube diminue. Ce dernier résultat est conforme aux vues de Hagen.

C'est dans ce mémoire que l'on trouve l'interprétation du phénomène de la chute des gouttes par un décollement suivant un ménisque, dont nous parlerons à propos du travail de M. Lénard.

Page 158, M. Traube rappelle que la vitesse d'écoulement influe sur le poids des gouttes, qui peut encore varier suivant leur *forme*.

Bien que M. Ph. Lenard[1] ait déduit les tensions superficielles, non pas du seul poids des gouttes, mais de l'étude optique de leurs vibrations, son mémoire est d'une grande importance pour la question qui nous occupe, à cause des figures qui l'accompagnent. Il est en effet si facile d'être victime d'une illusion lorsqu'on cherche à suivre par la vue seule les phases des phénomènes si rapides qui ont lieu pendant le décollement des gouttes, qu'il est précieux d'avoir comme critère les photographies instantanées de M. Lenard.

Nous reproduisons les profils d'une partie d'une épreuve qui montre les formes du liquide pendant le détachement d'une goutte (Pl. IV, fig. 3).

En possession de cette donnée expérimentale, nous avons pu, entre autres, nous défaire d'une interprétation erronée que nous nous étions forgée, et que nous avons depuis retrouvée textuellement dans un mémoire de M. Traube[2]. Nous admettions comme ce savant, que lorsqu'une goutte était prête à tomber, la partie infé-

[1] *Wied. Ann.*, t. XXX, p. 209 (1887).
[2] *Journ. f. praktische Chemie.* N. F. t. 34, pp. 309-311 (1886).

rieure de la future goutte[1] existait virtuellement formée dans le sein du liquide, et que le décollement de la première se faisait en suivant la surface inférieure et bombée de la seconde. L'examen des gouttes fait à la loupe nous montrait en effet toujours que, dès l'instant de la chute, une portion hémisphérique était visible au-dessous du périmètre du tube d'écoulement, portion dont le volume était trop considérable pour avoir pu se former par écoulement de nouvelles quantités du liquide pendant un temps aussi court.

Nous ne reproduisons cette interprétation que pour justifier par un exemple l'importance que nous attribuons aux figures de M. Lenard pour la question spéciale dont nous nous occupons.

Dans ces figures, la situation de la section droite de l'orifice du tube d'écoulement est indiquée par des traits horizontaux. On voit que le liquide prend une forme générale qui rappelle grossièrement un crayon dont la partie taillée en cône représenterait la portion située au-dessous de la pipette au moment où la goutte va se détacher, retenue encore à ce cône par un ligament qui figurerait la mine du crayon.

Ce ligament, une fois la rupture consommée, se divise en segments vibrants qui se résolvent en une ou plusieurs gouttelettes.

L'existence ces gouttelettes secondaires avait déjà été régulièrement constatée par SAVART[2] et par MAGNUS[3] au moyen du stroboscope. Ce dernier auteur parle du

[1] Le « ménisque », dit M. Traube.

[2] *Ann. Chim. et Phys.* 2e série, t. LIII, p. 344 (1833).

[3] *Pogg. Ann.* t. CVI, p. I (1859) (avec figures de gouttes en formation).

ligament et de vibrations se produisant dans la masse restée en arrière.

Le liquide resté du côté du tube remonte en formant un hémisphère qui ne tarde pas à grossir par l'afflux de nouvelles portions venant du tube, mais il est à noter que les figures démontrent que l'existence d'une portion du liquide ancien au-dessous de l'orifice à l'instant de la chute de la goutte n'est pas une apparence causée par illusion d'optique.

M. Duclaux[1] et déjà avant lui M. Hagen[2] avaient constaté que la rupture n'avait pas lieu à la section de l'orifice, mais un peu au-dessous, dans le sein du liquide en suspension.

M. Lenard a observé que, pour les gouttes de chaque grandeur de tous les liquides (« bei den Tropfen jeder Grösse aller Flüssigkeiten ») les formes sont identiques jusque dans les moindres détails. La seule différence existe dans le ligament, qui varie dans sa longueur suivant la grandeur des gouttes et la viscosité des liquides, à tel point que pour l'huile de lin, par exemple, il peut atteindre une longueur de 8 centimètres avant de se résoudre en un essaim de nombreuses gouttelettes.

Ayant besoin, avec la formule qu'il employait, de connaître le poids des gouttes détachées, M. Lénard a fait des observations pour s'assurer de la constance de ce poids et pour constater jusqu'à quel point il varie avec la hauteur du niveau du liquide à l'intérieur de

[1] Duclaux. *Ann. de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. XIII, p. 83 (1878) : « La séparation ne se fait jamais qu'un peu au-dessous de la paroi solide ».

[2] Hagen. *Pogg. Ann.*, t. CXLIII, p. 169 (1846).

la pipette. Nous reproduisons son tableau qui montre un léger abaissement du poids avec l'abaissement du niveau :

	Gr.
Poids d'une goutte (tiré de 50 gouttes). .	0,05224
Nouvelle détermination immédiate . . .	0,05226
30 minutes plus tard, le niveau ayant baissé de 18mm	0,05198
Après rétablissement du niveau primitif.	0,05228

La différence entre les valeurs extrêmes est comprise entre 0,5 et 0,6 % du poids de la goutte.

Le poids de la goutte secondaire atteint à peine un dixième de milligramme avec les tubes des diamètres employés.

Dans les tableaux III, IV et V de M. Lénard, on voit nettement que *moins les gouttes sont espacées*, *plus elles sont pesantes*, ce qui confirme les expériences de Frankenheim, de Hagen et de Guthrie sur l'influence de la vitesse d'écoulement ou durée de formation des gouttes.

Pour M. Lénard, ce n'est pas là une question de vitesse entraînant une plus ou moins grande masse de liquide, mais de diminution de la tension superficielle causée par l'exposition plus ou moins longue de la surface à l'atmosphère ou aux impuretés qu'elle peut contenir. Nous avons aussi trouvé la même idée exprimée par Hagen.

Peu après le travail de M. Lenard a paru un mémoire de M. G. Timberg[1] sur *l'influence de la température*

[1] *Wied. Ann.* XXX, p. 544 (1887).

sur les constantes capillaires de quelques liquides. Cet auteur a recouru au compte-gouttes pour pouvoir étendre ses recherches aux dissolutions salines. Il ne tient pas cette méthode pour rigoureuse, mais il l'admet comme suffisante pour l'étude des variations de la constante capillaire d'un même liquide avec la température, lorsqu'on peut se contenter de valeurs relatives (p. 334).

En 1891, M. Traube[1] a déterminé les *constantes capillaires de divers sels à leur température de fusion* en se basant sur la loi de la proportionnalité.

Il explique toutefois qu'il désigne par γ non pas la tension superficielle pure et simple, mais cette tension *multipliée par le cosinus de l'angle de raccordement (cos. ϑ)*.

Il ajoute qu'on doit prendre des précautions pour que le liquide mouille toute la surface autour de l'orifice et ne grimpe pas extérieurement contre le tube.

Dans un travail paru en 1897[2], M. H. Siedentopf s'est occupé des *constantes capillaires des métaux fondus*. Après avoir fait une critique de l'emploi de la méthode des gouttes et discuté les résultats de Quincke pour les métaux, l'auteur admet qu'il y aura toujours une erreur systématique dans la méthode par poids des gouttes tant que l'on n'aura pas établi une théorie dans laquelle on tiendra compte de la *vitesse de formation des gouttes*. M. Siedentopf insiste donc sur le côté *dynamique* d'un phénomène que la plupart des auteurs

[1] *Berichte der Deutsch. Chem. Gesell.* 31. (2.) p. 3074 (1891).
[2] *Wied. Ann.*, t. LXI, p, 235 (1897).

n'ont traité qu'au point de vue statique. M. Siedentopf ne croit pas que l'arrachement ait lieu suivant un plan parallèle à la section de l'orifice comme on l'admet dans la formule classique $P = 2\pi r\gamma$.

L'auteur estime que des erreurs peuvent se produire aussi bien sur la mesure de $2\pi r$ que sur celle de P.

Nous avons à signaler tout spécialement le mémoire de M. Carl Forch[1], paru en août 1899, à un moment où nous avions déjà rassemblé nous-mêmes un grand nombre de mesures.

Les recherches de M. Forch corroborent l'opinion que nous avions pu déjà nous former sur l'importance de la vitesse d'écoulement. M. Forch est allé plus loin et a précisé cette influence de la vitesse en ramenant à une même vitesse d'écoulement tous les poids de gouttes des diverses solutions dont il étudie les tensions superficielles, Il tient alors les résultats pour comparables. M. Forch considère que le périmètre de rupture se fait à un niveau qui dépend de la vitesse d'écoulement et que, pour des intervalles de 3 à 6 secondes entre chaque goutte, le poids est à peu près fonction linéaire du temps. Pour des vitesses plus grandes, le poids croît un peu plus vite. L'auteur observait 4 à 6 vitesses différentes pour chaque liquide examiné (vitesses variant entre 3,5 et 6,5 secondes et calculait le poids correspondant à une vitesse de 5 secondes au moyen d'une équation linéaire. Il comparait ensuite les poids de gouttes des différents liquides. ainsi ramenés à 5 secondes.

[1] *Wied. Ann.*, LXVIII, p. 801 (1899).

L'appareil se composait de comptes-gouttes cylindriques, bien protégés contre les changements de température, et les gouttes se formaient dans un espace saturé de leur propre vapeur. Cinq récipients tarés se trouvaient disposés au-dessous, de façon à pouvoir défiler successivement en face du compte-gouttes. On recueillait 30 gouttes dans chacun d'eux, puis ils étaient fermés et pesés. La température était prise avec soin durant l'écoulement.

Nous ne pouvons entrer ici dans le détail des précautions prises. L'auteur dit que l'erreur moyenne dans ses résultats n'est que de 0,3 pour mille.

M. Forch déconseille le graissage des parois extérieures de la pipette, que pratiquait au contraire M. Traube.

Les poids bruts observés étaient désignés par $\alpha_{t/R}$ car ils dépendaient de la température t et du temps écoulé entre deux gouttes (R). Pour chaque liquide on calculait par l'équation $\alpha_{t/R} = A - BR$, d'après la méthode des moindres carrés, les valeurs les plus probables des constantes A et B, puis on en tirait $\alpha_{t/5}$. Une correction de la température était encore faite, ce qui permettait d'avoir pour toutes les solutions des poids $\alpha_{18/5}$ ramenés à 18° avec un intervalle de 5 secondes entre chaque goutte.

Il faut noter que les mesures de M. Forch n'ont porté que sur des dissolutions aqueuses. Les corps dissous furent : divers sels de sodium, l'acide phosphorique, divers acides organiques ainsi que leurs sels, etc.

Mentionnons aussi quelques considérations récentes

de Lord Rayleigh[1] au sujet de l'influence des dimensions respectives de l'orifice et du diamètre extérieur des tubes d'écoulement sur la dimension des gouttes. L'auteur fait remarquer que le phénomène de la formation des gouttes est dynamique et non pas statique, et que, à partir d'un certain diamètre extérieur des tubes, le diamètre de l'orifice doit avoir une influence sur le poids des gouttes.

Tout en constatant que la solution complète de ce problème dynamique ne peut être donnée, lord Raleigh cherche à l'éclaircir d'abord au point de vue théorique, puis au moyen de mesures expérimentales faites en collaboration avec M. Gordon. Ces mesures ont consisté à peser des gouttes d'eau issues soit de tubes de verre à minces parois, soit de disques en métal. Le résultat général a été le suivant : Ce n'est qu'à partir d'un diamètre extérieur assez considérable du tube que le poids de la goutte est influencé par le diamètre de l'orifice. Dans les tubes étroits (diam. extérieur $< 10{,}1^{mm}$) l'effet dynamique ne peut pas fausser la loi de Tate, parce qu'il se produit à un niveau plus bas que la section droite de l'orifice.

Lord Rayleigh propose aussi de remplacer la formule

$$P = 2\pi r\gamma$$

par celle-ci :

$$Mg = F\left(\frac{T}{g\sigma\alpha^2}\right)T\alpha$$

où T = tension superficielle
α = diamètre extérieur du tube
F = fonction de forme indéterminée
Mg = P = poids de la goutte
σ = densité du liquide.

[1] *Philosophical Magazine*, 5e série, t. XLVIII (octobre 1899).

Au moyen d'une série d'observations faites sur l'eau, l'auteur calcule les valeurs de $\frac{T}{g\sigma\alpha^2}$ et de $\frac{Mg}{T\alpha}$ et en conclut que la fonction F peut être regardée comme une constante égale à 3,8.

Dans ces conditions, il suffirait, dans un grand nombre de cas, de se servir de la formule

$$Mg = 3{,}8\, T\alpha$$

ou, d'après la notation habituelle :

$$P = 3{,}8\, r\gamma$$

pour calculer le poids d'une goutte. C'est donc de nouveau, et à un facteur constant près, la *loi de proportionnalité.*

M. G. Rosset[1] vient de faire une *Étude sur l'égouttement pour une méthode de détermination des poids moléculaires.* Il rappelle d'abord une remarque de M. Sentis (*Journ. Phys.*, 1897, p. 183), puis les recherches de M. Duclaux, et fait observer qu'en expérimentant sur un grand nombre de gouttes, on a plus de chance de voir disparaître les variations accidentelles qui faussent souvent les mesures des tensions capillaires.

L'auteur indique différentes précautions prises pour opérer dans de bonnes conditions : maintien d'une pression constante, saturation de l'atmosphère ambiante par la vapeur du liquide ou dissolvant employé (qui était toujours l'eau), etc.

Ce travail semble être le résumé de recherches pré-

[1] *Bulletin Soc. chim. de Paris*, XXIII, n° 7, 3e série (1900).

paratoires faites en vue d'une méthode de mesure des tensions capillaires par le poids des gouttes.

Un premier chapitre renferme des recherches sur l'influence de la concentration des solutions sur la tension superficielle. Au point de vue de la méthode des gouttes, nous n'avons qu'un point à retenir, c'est qu'à partir d'une certaine concentration maxima (20 °/₀ pour le sel marin) la *viscosité* intervient assez pour modifier la marche régulière de la constante capillaire, le nombre de gouttes ne pouvant plus alors être représenté par une branche d'hyperbole, en fonction de la concentration. L'auteur explique qu'une force nouvelle d'adhérence permet à la goutte de grossir plus qu'elle ne le ferait soutenue par la tension superficielle seule : le nombre des gouttes croît alors moins vite.

Le chapitre II est consacré à l'étude de *l'influence de la pression*. L'auteur y résume dans un tableau général les résultats obtenus avec trois tubes différents pour lesquels il indique : 1° les pressions; 2° la durée d'écoulement de 100 gouttes; 3° le poids de 100 gouttes ; 4° le produit de la durée par la pression.

La durée, conclut-il, décroît quand la pression croît et le produit de la durée par la pression est sensiblement constant.

Le poids des gouttes, au contraire, croît avec la pression et passe par un maximum qui varie avec le tube employé.

Avec une pipette de 25 cc., à pointe effilée, le poids des gouttes a augmenté graduellement à mesure qu'elle se vidait. La variation de poids était de 4 °/₀ entre les limites de pressions courantes.

L'auteur fait remarquer que, dans l'emploi de la

pipette pour comparer diverses solutions, la pression repasse toujours par les mêmes valeurs, aussi les résultats sont-ils considérés par lui comme comparables. Mais il recommande d'opérer à pression constante et seulement sur des concentrations comprises entre 10 et 20 % si l'on veut atteindre une certaine précision.

Première Serie de Recherches.

Dans cette première série, nous avons cherché à déterminer le terme P de la formule $P = 2\pi r\gamma$ par la pesée directe de goutte tombées d'une pipette.

Pour opérer dans des conditions aussi comparables que possible, nous avons effectué nos mesures à températures fixes : ce résultat a été obtenu en plaçant la pipette dans une étuve convenablement réglée. Voici les détails de notre dispositif (voir Pl. IV, fig. 1).

De l'étuve.

Cet appareil est constitué par une enceinte en verre, à double enveloppe, chauffée par un courant de vapeur provenant d'un liquide en ébullition. Les vapeurs de chauffe circulent dans l'espace annulaire AA' ; elles proviennent d'un ballon B placé latéralement et vont se condenser dans un réfrigérant R. A l'intérieur, le tube vertical TT' est destiné à recevoir la pipette P, qui se trouve ainsi maintenue à température constante.

La température de l'étuve est donnée par un ther-

momètre placé dans le tube TT'. Il est nécessaire, pour éviter des courants d'air, de fermer les deux extrémités de ce tube par des bouchons. Une fois la température stationnaire, on en prend note, et on substitue la pipette remplie de liquide au thermomètre. L'orifice de la pipette est amené à la hauteur où se trouvait le réservoir du thermomètre, soit à un tiers environ de la hauteur du tube TT', compté à partir du bas.

Des pipettes et de la pesée des gouttes.

Les pipettes dont nous avons fait le plus souvent usage dans cette première série de recherches ont la forme habituelle que l'on donne à l'appareil de ce nom : un tube de 3 à 4 millimètres de vide, suivi d'un renflement de forme cylindrique terminé par deux portions hémisphériques. L'hémisphère inférieur est prolongé par une sorte de bec qui constitue le tube d'écoulement d'où sortent les gouttes. La partie renflée porte deux traits circulaires séparés par une distance verticale de 0,9 centimètre environ ; sa capacité totale était de 1,6 cc. à 2,00 cc., suivant la pipette. Les traits servent simplement de repères, comme niveaux, et l'on n'a pas jugé nécessaire de mesurer le volume compris entre eux.

Les tubes d'écoulement, ou becs, longs de 10 à 15^{mm} ont comme diamètres :

	Diam. intérieur.	Diam. extérieur.
	mm.	mm.
Pipette A	1,65	2,15
» B	1,33	2,95
» C	0,28	3,00

La plupart des liquides ont été examinés successive-

ment avec ces trois pipettes et une quatrième (D) dont il sera parlé plus loin.

L'aspiration du liquide se fait au moyen d'une poire en caoutchouc (C) par un ajutage latéral, soudé à la tige de la pipette au-dessus d'un robinet (L) en verre. Après avoir rempli par aspiration la pipette jusqu'à un ou deux centimètres au-dessus du renflement, on ferme le robinet et on serre avec une pince (K) le caoutchouc reliant la poire à l'ajutage. La pipette est alors portée dans le tube TT'. La dilatation de l'air enfermé entre le liquide et le robinet produit d'abord une pression qui provoque l'écoulement d'un certain nombre de gouttes pendant l'échauffement. A mesure que le liquide approche de l'équilibre de température avec l'enceinte, les gouttes s'espacent davantage. Lorsque l'équilibre est atteint, c'est-à-dire au bout de 10 à 15 minutes, le robinet est entr'ouvert et le niveau du liquide amené au trait de jauge supérieur. On referme alors le robinet, le bouchon obturateur au bas du tube T est enlevé et on lui substitue un support en verre portant une petite éprouvette tarée (M) destinée à recevoir les gouttes. Le support étant assujetti avec un bouchon, l'éprouvette présente son orifice en face de la goutte en formation, à un ou deux millimètres au-dessous du bec de la pipette. Ouvrant alors le robinet, on laisse écouler le liquide en comptant le nombre des gouttes, jusqu'à ce que le niveau dans le renflement ait atteint le trait de jauge inférieur. Le porte-éprouvette est rapidement enlevé pendant le court espace qui sépare la chute de deux gouttes successives. Après avoir noté le nombre des gouttes recueillies, on ferme l'éprouvette avec un bouchon et le poids du liquide

qu'elle renferme, divisé par le nombre de gouttes, exprime le poids moyen P d'une goutte à la température de l'expérience.

Il va sans dire que toutes les précautions furent prises quant au nettoyage des pipettes, en particulier chaque fois que l'on passait à l'étude d'un nouveau liquide. Les parois extérieures n'ont jamais été graissées, de sorte que les phénomènes capillaires se produisaient librement entre le verre et le liquide mouillant.

Du capillaire de rentrée d'air; vitesse d'écoulement.

En employant telles quelles les pipettes des modèles ci-dessus, les gouttes se succèderaient avec une rapidité trop grande pour que l'on puisse les compter facilement.

On obvie à cet inconvénient en munissant la tige de la pipette, au-dessus de l'ajutage d'aspiration, d'un tube capillaire (DD'). Ces tubes sont obtenus en étirant à la lampe un tube de verre plus gros. Des tubes épais V et W placés en chicane protégeaient les capillaires de rentrée d'air contre les chocs et les poussières.

Il est évident que la vitesse d'écoulement du liquide dépendant entre autres de la vitesse de rentrée de l'air par le haut, elle variera, comme cette dernière, avec le diamètre et la longueur du capillaire de rentrée d'air.

Cinq capillaires différents nous ont donné des intervalles fort variables dans la durée de formation et, par suite, dans l'espacement des gouttes.

Nous avons constaté, comme l'avaient fait la plupart des auteurs, que le poids des gouttes d'un même liquide diminue lorsque le temps qui sépare les chutes

de deux gouttes successives augmente. C'est ainsi qu'en adaptant différents capillaires à une même pipette, nous avons eu pour le benzène :

Intervalle de temps entre deux gouttes.	Poids de la goutte.
"	Gr.
0.75	0.0200
1.50	0.0190
4.50	0.0181

Les intervalles n'ayant pas été mesurés avec une grande précision, nous ne donnons cette expérience que comme confirmation d'un phénomène déjà suffisamment établi par les mesures de Frankenheim, de Guthrie, de Hagen et de M. Lenard.

Nous avons donc considéré ce premier point comme prouvé et nous n'avons tenté de comparer entre eux que les résultats obtenus en adaptant le même capillaire à la même pipette [1].

Influence de la pression hydrostatique.

A mesure que la pipette se vide, la pression hydrostatique sur la tranche de liquide située à l'orifice inférieur diminue. Cet abaissement de pression se traduit par un ralentissement d'écoulement qui diminue le

[1] Pour donner une idée de l'importance de cette condition, nous croyons bon de citer encore l'observation suivante : Un même volume de bromure d'éthylène, qui, dans une première expérience où la rentrée de l'air dans la pipette se faisait à travers un robinet à peine entr'ouvert avait fourni 225 gouttes, n'en fournit plus que 190 lorsque l'air rentre plus librement par le robinet entièrement ouvert. Le poids des gouttes a donc varié dans le rapport de 1 à 1.18.

poids des gouttes. Voici quelques chiffres concernant ce fait, que nous avons constaté souvent.

Benzène	Poids d'une goutte
a) niveau du liquide au sommet de l'hémisphère supérieur	0.01842
b) niveau au trait de jauge supérieur (au haut de la partie cylindrique).	0.01831
c) niveau au trait de jauge inférieur	0.01819
d) niveau à la base de l'hémisphère (un peu plus bas que la base inférieure du cylindre) . . .	0.01815
e) moyenne d'un trait à l'autre (soit poids total de la portion comprise entre les deux traits divisé par le nombre de gouttes qu'elle fournit	0.01829

Les différences extrêmes, quoique très nettes ne dépassent pas $0^{gr}\cdot00027$ soit le 1.4 % du poids moyen de la goutte.

Nous avons toujours opéré entre les deux traits de jauge. De cette manière, on pouvait admettre que le poids moyen trouvé représentait pour chaque liquide celui d'une goutte formée au moment où le niveau supérieur du liquide occupe le milieu de la partie cylindrique comprise entre les deux traits de jauge.

Enfin, pour écarter toute incertitude du fait de la pression, nous avons essayé une pipette très large, permettant l'écoulement de cinquante gouttes sans que le liquide baissât de plus d'un ou deux millimètres. Comme on le verra par nos chiffres, les résultats donnés par cette pipette (D) ne paraissent pas plus précis que les autres.

Précision relative dans la détermination du poids des gouttes.

Nous extrayons de notre carnet d'observations quelques exemples de pesées qui montrent le degré de précision avec lequel s'obtient P, pour des conditions données et toujours les mêmes dans chaque groupe de mesures.

Tableau I.

Avec pipette A et capillaire de rentrée d'air n° I.

Chlorobenzène à 19°.

Sur 43 gouttes	P = 0,01612
50	0,01622
50	0,01622
P. moy.	0,01619

Iodobenzène à 18°.

Sur 58 gouttes	P = 0,01989
59	0,01999
64	0,02000
P. moy.	0,01996

Iodobenzène à 32°,6.

Sur 74 gouttes	P = 0,01905
70	0,01904
65	0,01904
56	0,01904
P. moy.	0,01904

Anisol à 17°,3.

Sur 40 gouttes	P = 0,01760
38	0,01757
38	0,01758
P moy.	0,01758

Avec pipette B (capill. II).

Benzaldéhyde à 44°,8.

Sur 25 gouttes	P = 0,02490
24	0,02513
25	0,02494
P. moy.	0,02499

Nitrobenzène à 19°.

Sur 24 gouttes	P = 0,02893
23	0,02906
24	0,02909
24	0,02909
P. moy.	0,02904

Avec pipette C.

Chlorobenzène à 45°.

Sur 35 gouttes	P = 0,01895
33	0,01903
34	0,01890
34	0,01889
P. moy.	0,01894

Avec pipette D (capill. I).

Chlorobenzène à 16°.

Sur 35 gouttes	P = 0,02178
35	0,02172
40	0,02172
P. moy.	0,02174

Pipette B (capill. I).

Acétophénone à 77°,2.		Diphénylméthane à 32°,2.	
Sur 24 gouttes P	= 0,02065	Sur 22 gouttes P	= 0,02358
	0,02033		0,02355
	0,02034		0,02356
P. moy.	0,02044	P. moy.	0,02356

On voit que la pesée directe des *gouttes tombées* comporte un degré de précision très satisfaisant, et qu'abstraction faite des conditions qui font varier le poids absolu de la goutte, on peut compter sur une précision d'environ 3 °/₀₀.

Calcul des constantes des pipettes, et détermination de γ.

Partant de l'équation $P = 2\pi r\gamma$, généralement admise pour représenter le poids P d'une goutte issue d'un orifice de rayon extérieur r avec un liquide de tension superficielle égale à γ; posant ensuite $2\pi r = Q$, on aura à la température t, pour un premier liquide :

(1) $$P_t = Q_t \gamma_t$$

et pour un second liquide à la même température

(2) $$P'_t = Q_t \gamma'_t$$

Connaissant la valeur γ_t pour le benzène choisi comme *liquide type* dont les constantes capillaires ont été soigneusement déterminées par MM. Ramsay et Shields[1], nous avons calculé Q_t au moyen d'une valeur de P_t observée et de la valeur γ_t trouvée par ces auteurs à la température t. Nous avons ensuite mesuré P'_t, P''_t, P'''_t ...... sur une série de liquides et tiré les valeurs de γ'_t, γ''_t, γ'''_t ...... de la relation (2).

[1] Loc. cit. Voir aussi Ramsay et Aston, *Zeitschrift f. Ph. Ch.*, t. XV, p. 91 (1894).

La même chose a été faite pour d'autres températures.

Le tableau II donne les valeurs Q pour nos diverses pipettes calculées au moyen des tensions γ du benzène de MM. Ramsay et Shields.

TABLEAU II.

Pipette.	Capillaire d'air.	Q		
A	I	à t = 44°,2 0,0005172	32°,7 0,00051031	17°,0 0,00050662
B	II	à t = 44°,0 0,00069203		19°,0 0,00068717
C	?	à t = 45°,0 0,0006727		16°,0 0,0006603
D	I	à t = 42°,5 0,00068477		15°,0 0,0006685

Le tableau III donne les valeurs des tensions (γ) aux diverses températures (t), déduites d'observations faites sur le poids de gouttes issues de chaque pipette, en adoptant pour chacune d'elles les valeurs des constantes Q résumées au tableau II.

Si l'on compare les valeurs de γ que nous avons obtenues avec celles observées par MM. Ramsay et Shields (à l'exception des données sur l'aniline et l'anisol empruntées à des recherches faites dans ce laboratoire) et inscrites au bas du tableau, sous la rubrique « valeurs vraies de γ », on constate que les premières s'écartent de ces dernières et sont tantôt plus fortes, tantôt plus faibles. Ces écarts doivent être attribués en partie au fait que certains de nos échantillons pouvaient différer en pureté de ceux qui ont servi à déterminer les valeurs vraies de γ.

TABLEAU III.

Pipette Capillaire		Chlorobenzène			Benzaldéhyde		Nitrobenzène		Acétylacétate d'éthyle		Anisol		Aniline	
A, I	t =	44°.2	32°7	17°.							44°.2	17°.3	44°.2	17°.3
	γ =	28.42	30.27	32.17							30.76	35.09	38.51	42.38
B, II	t =	44°	19°.		44°	19°	44°	19°	44°	19°	44°	19°		
	γ =	28.96	31.97		36.20	39.12	39.13	42.26	27.86	30.64	30.77	34.24		
C,	t =	45	16						45	16				
	γ =	28.15	32.06						27.48	30.54				
D, I	t =	42.5	15				42.5	15			44.3	17.3		
	γ =	29.48	32.64				38.91	43.10			30.45	33.88		
	t =	44°	16°		44°	19°	44°	19°	44°	19°	44°.2	19°.4	44°.4	17°.3
Valeurs vraies de	γ =	29.49	32.91		30.87	31.80	38.97	42.11	30.04	31.67	31.59	34.39	38.36	41.06

Si l'on compare ensuite les valeurs de γ obtenues pour un même liquide avec des pipettes différentes, on serait tenté de les considérer à première vue comme assez concordantes; cependant, d'après les résultats obtenus avec l'anisol, qui se prêtent le mieux à cette comparaison, on observe que l'écart maximum entre les diverses valeurs de γ est de 1 °/₀ environ, tandis que les gouttes peuvent être pesées avec une précision de 3 °/₀₀.

Le tableau IV est dressé de la même manière que le tableau III et se rapporte à un autre groupe de corps dont les valeurs de γ avaient été déterminées par MM. P. Dutoit et L. Friederich[1] sur les échantillons même utilisés pour les pesées avec la pipette B. Le coefficient Q de celle-ci a été déterminé par des expériences préalables sur l'*acétophénone* dont les valeurs γ ont été fixées par les mêmes auteurs :

Pipette.	Capillaire.	Q		
B	I	à t = 107°.94	77°,2	32°,3
		0,0006409	0,0006414	0,0006386

TABLEAU IV.

Pipette B, Capillaire I.

	Diphénylméthane		Diméthylaniline		Benzophénone		Paratoluidine	
t =	77°.2	54°.0	77°.2	32°.3	107°.4	54°.2	107°.9	54°.2
γ =	32.07	34.54	29.30	34.28	34.30	40.12	28.32	32.27
Valeurs[2] vraies de γ =	35.88[3]	—	29.19	34.23	34.65	40.50	27.10	31.86[3]
Ecart entre les 2 valeurs de γ =	11 °/₀	—	0.8°/₀	0°/₀	0.9°/₀	1°/₀	4.5°/₀	1°/₀

[1] *Archives*, t. IX, p. 105 (1900).

[2] Interpolées de façon à les ramener aux températures t.

[3] Extrapolées depuis 107°.

L'accord entre les valeurs de γ déduites du poids des gouttes et celles fournies par la méthode des ascensions capillaires paraît plutôt meilleur pour les corps qui font l'objet du tableau IV. Néanmoins les écarts inscrits au bas du tableau sont encore bien supérieurs à ceux qui pourraient dépendre d'une incertitude sur le poids des gouttes.

Nous n'insistons pas autrement sur les conséquences qu'on pourrait tirer de cette première série d'expériences. En effet, bien que n'ayant comparé entre elles que des mesures faites avec la même pipette munie d'un même capillaire de rentrée d'air, nous n'étions pas pour cela dans des conditions de comparabilité suffisantes quant à la vitesse d'écoulement, car, indépendamment du dispositif de l'appareil, cette vitesse dépend de propriétés intrinsèques des liquides, qui varient de l'un à l'autre.

Or plusieurs auteurs ont déjà constaté avant nous que *pour un seul et même liquide* le poids des gouttes augmente très sensiblement avec la vitesse d'écoulement, ou en d'autres termes avec le temps qui sépare les chutes de deux gouttes successives *(durée de formation d'une goutte)*. On est donc en droit de n'accepter que sous bénéfice d'inventaire des comparaisons faites entre des poids de gouttes *de plusieurs liquides différents* tant qu'on n'aura pas tenu compte des temps qui ont séparé les chutes de leurs gouttes.

Voilà pourquoi nous avons été amenés à entreprendre une seconde série de recherches dans laquelle nous avons mesuré ces temps.

(A suivre.)

SUR L'EFFET VOLTA

AU

CONTACT DE DEUX MÉTAUX DIFFÉRENTS

PAR

Q. MAJORANA

I. *Les deux théories auxquelles on peut ramener l'explication de l'effet Volta.*

Même de nos jours les physiciens ne sont pas d'accord sur l'interprétation de l'expérience fondamentale de Volta. Les théories peuvent se ramener à deux : d'un côté la *théorie du contact* acceptée et soutenue par le plus grand nombre, de l'autre côté la *théorie de la tendance chimique* imaginée par le prof. Lodge en 1884[1]. Pour nous tenir en dehors de cette polémique il sera donc bon de parler simplement de l'effet Volta sans nous préoccuper de son origine intime.

Dans ma première note publiée à ce sujet dans les comptes-rendus de l'Accademia dei Lincei, je crois avoir établi que l'effet Volta, comme cause immédiate,

[1] Il faut distinguer cette théorie de l'ancienne théorie chimique imaginée la première fois par Fabroni et soutenue par plusieurs physiciens, parmi lesquels Aug. de la Rive; les *Archives* ont souvent publié des travaux qui se refèrent à cette théorie.

est dû à un potentiel variable d'un corps à l'autre et caractéristique pour chacun d'eux, quand les conditions superficielles de ceux-ci sont bien définies. Entre deux métaux, par exemple, l'effet Volta peut être assimilé à une différence de potentiel ; celle-ci ne disparaît pas si on met les deux métaux en contact. On peut donc parler de *potentiel naturel* des divers métaux. C'est ainsi que Zn et Pt possèdent des potentiels naturels qui diffèrent de 1 volt. L'état superficiel des conducteurs est un facteur important dans l'étude de ces potentiels : il est nécessaire de faire les observations en portant les conducteurs au contact en dehors de toute humidité, puisque toute action chimique et moléculaire doit être évitée ainsi que les actions thermiques et mécaniques. Le potentiel naturel caractérise donc le corps à son état de repos, c'est-à-dire lorsque ces actions ne se produisent pas, ou ne se produiraient pas par le fait d'avoir établi des communications métalliques.

Sans entrer en discussion sur l'interprétation de l'effet Volta, on ne peut s'empêcher de constater, à côté de la simplicité du principe sur lequel est basée la théorie du contact, une telle complication dans les détails, que cette théorie est difficilement saisie par quelqu'un qui entreprend pour la première fois la lecture des mémoires de Lodge.

Celui-ci admet que les charges électrostatiques provoquées par l'effet Volta sont dues à ce que le milieu, dans lequel est plongé le couple métallique, tend à attaquer l'un des métaux ou tous les deux. Il n'est pas nécessaire, selon Lodge, que l'oxygène attaque réellement le zinc pour lui conférer un potentiel différent de celui du platine ; il suffit qu'il y ait la possibilité d'une

action chimique. De cette façon il explique pourquoi l'effet Volta se constate toujours au même degré, dans les vides les plus complets et même dans les bains de liquides isolants. Dans les deux cas, il se trouve en présence du métal oxydable un nombre suffisant de molécules d'oxygène pour communiquer au Zn un même potentiel en valeur et en signe.

Tout cela est certainement trop artificiel ; et l'artifice est même poussé jusqu'à reconnaître comme concluantes (à l'appui des idées de Lodge) des expériences qui n'apportent rien de neuf. M. Spiers[1] a reconnu qu'un couple Fe Pt, lorsqu'il est chauffé fortement dans une atmosphère d'hydrogène descend de + 0,37 volt, qu'il a dans l'air, à — 0,60 volt. L'auteur admet que le couple a été placé ainsi dans une atmosphère constituée uniquement d'hydrogène et que la force électromotrice de contact est diverse. Mais Lord Kelvin[2] a démontré que le platine devient plus positif dans l'hydrogène. L'expérience de Spiers peut donc s'expliquer en admettant un changement de l'état superficiel des deux métaux. En un seul cas on serait obligé de reconnaître la justesse des idées de Lodge, c'est-à-dire s'il était démontré par l'expérience que : deux métaux différents, dont les surfaces sont parfaitement polies et privées de tout air adhérent, donnent naissance à un effet Volta nul.

II. *Nouvelle méthode de mesure de l'effet Volta.*

Je décrirai maintenant un nouveau dispositif expéri-

[1] *Phil. Mag.*, janvier 1900, p. 70.
[2] *Nature,* avril 1881.

mental qui permet d'obtenir rapidement une mesure de l'effet Volta. Il se réduit en définitive, à une modification de l'anneau bimétallique de lord Kelvin, mais il présente sur celui-ci des avantages de sensibilité et de commodité.

Un fil de quartz argenté F (fig. 1) est suspendu entre deux sphères formées des deux métaux sur lesquels on veut expérimenter. Ce système est renfermé dans une boîte en verre munie de vis calantes ; depuis l'extérieur on peut établir des communications métalliques avec chacun des trois conducteurs : fil argenté et sphères. Deux boîtes de résistance R_1, R_2 chacune de 100 ohms et portant les subdivisions en dixièmes d'ohm, sont réunies à un accumulateur de grande capacité et de force électromotrice connue, comme il est indiqué dans la figure. Les chevilles de l'une des boîtes sont supprimées, de sorte que, en se servant d'une cheville déterminée pour enlever une résistance de valeur donnée soit de R_1, soit de R_2, la résistance totale offerte au passage du courant par les boîtes est toujours de 100 ohms. Mais selon la position des chevilles, le potentiel de la sphère de Zn peut varier de 0 à 2 volts environ, et cela graduellement par des variations $^1/_{100}$ de volt. Une batterie de 100 petits accumulateurs Planté permet de porter le fil F à un potentiel positif ou négatif de 250 volts environ.

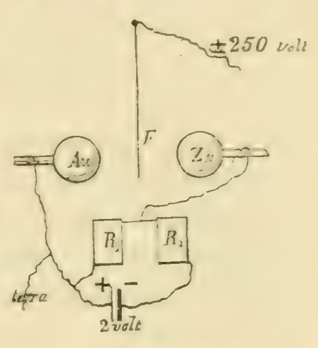


Fig. 1.

Pour une expérience on procède comme il suit :

On électrise F ou positivement ou négativement et on observe de quel côté il tombe. On l'électrise alors en sens contraire. S'il retombe du même côté, le fait est dû à la dissymétrie, et on corrige celle-ci au moyen des vis de niveau. Après quelques essais, on arrive à faire en sorte que le fil F tombe soit à droite, soit à gauche, selon le sens de l'électrisation, et cela, quand toutes les chevilles de R_1 sont à leur place, c'est-à-dire lorsque R_1 est exclu. On enlève alors quelque cheville de R_1 et on la met sur R_2 : après quelques tentatives on arrive ainsi à égaliser les potentiels des deux métaux. F reste alors immobile ou bien dévie toujours du même côté indépendamment du signe de sa charge. Si on représente par v le voltage de l'accumulateur, la différence de potentiel entre les deux métaux est donnée par la formule :

$$e = v \frac{R_1}{R_1 - R_2} = \frac{1}{100} v R_1.$$

La sensibilité de la méthode sera d'autant plus grande que le potentiel de F est plus élevé ; il importe toutefois qu'il ne soit pas tel qu'il produise des attractions trop brusques.

Il serait peut-être impossible d'analyser rigoureusement les lois qui régissent ces attractions dans le cas général ; mais un cas particulier très simple montre que le problème est susceptible de considérations très intéressantes.

Imaginons sur une droite trois masses électriques isolées $+a$, $+q$, $-a$, supportées par des sphères très petites. Les deux sphères a sont chacune à la distance r de la sphère q. Celle-ci est suspendue à un fil

fin, long et vertical. Si elle dévie de la position centrale par les attractions des deux sphères a, elle tend à y retourner avec une force proportionnelle au déplacement. Il est facile de démontrer que l'équilibre stable de q n'est possible que dans le seul cas où elle se déplace de la position centrale d'un segment plus petit qu'une certaine fraction maxima de r soit à droite, soit à gauche. Cette fraction est :

$$\pm\ 0{,}29332\ r$$

Le cas pratique est beaucoup plus compliqué parce que les deux sphères ne sont pas assez petites et parce que des phénomènes d'induction, dus à la présence du fil de quartz électrisé, attirent sur les sphères des quantités d'électricité supérieures à celles qui leur avaient été communiquées. Ces deux causes contribuent à déprimer la valeur des deux *déviations critiques*. Il est du reste facile de constater que même ici, ces déviations existent. Ainsi dans le cas de deux sphères de 25 mm. de diamètre, et dont les centres se trouvent à la distance de 6 cm., les deux déviations critiques sont seulement d'environ 2 mm. à droite et à gauche de la position centrale.

III. *Influence de l'état superficiel sur l'effet Volta.*

J'ai employé avec succès la méthode décrite à étudier l'influence de l'état superficiel sur l'effet Volta.

Les deux sphères de la fig. 1 sont remplacées par deux disques de 25 mm. de diamètre, l'un de Zn et l'autre de laiton doré. Il est évident que, si les disques sont tous les deux maintenus à une distance notable du

fil de quartz, les actions exercées sur le fil par tous les éléments de leurs surfaces en regard de celui-ci, diffèrent peu entre elles, et le potentiel de compensation, indiqué par les boîtes à résistance, est sensiblement la différence moyenne de potentiel entre les divers points des deux disques. Si on approche les disques du fil à une distance très petite, les éléments de surface plus proches du fil agissent sur celui-ci d'une façon prépondérante. Dans ces conditions, si on abaisse le fil de quartz de manière que son extrémité inférieure soit de niveau avec les bords inférieurs des deux disques, la différence de potentiel mesurée est :

$$e = 0{,}91$$

Elevons le fil jusqu'à ce que l'extrémité soit à $^1/_4$ du diamètre du bord inférieur ; on trouve :

$$e = 0{,}82$$

En relevant encore davantage le fil jusqu'à le placer presque en dehors des deux disques, on trouve :

$$e = 0{,}97$$

Dans le premier cas, tant les parties centrales que les bords inférieur et supérieur des deux disques agissent sur le fil ; dans le second, seulement les parties centrales et les bords supérieurs et dans le troisième, uniquement ces derniers.

Comme on voit, la différence de potentiel des deux disques est plus faible au centre qu'aux bords. Ce résultat, qui tient aux deux disques employés, est cependant assez général ; il est en effet assez difficile de polir également, en tous ses points, une surface circulaire, plane. Un résultat analogue a été obtenu avec une sé-

rie de couples de sphères égales, de diamètres augmentant successivement de 18 mm. à 55 mm. ; en mesurant leurs différences de potentiels, j'ai obtenu des resultats croissant assez régulièrement de 0.50 volt à 0.80 et cela malgré le soin apporté à la construction de ces sphères. C'est seulement après un polissage répété avec une plus grande vitesse de rotation, que je suis arrivé, pour les sphères de 18 mm. de diamètre, à porter leur différence de potentiel de 0.8 à 0.9 volts.

IV. *Influence des températures basses sur l'effet Volta.*

Tant que l'on admet une des deux théories énoncées plus haut, soit, comme le fait Lord Kelvin, celle de Volta, d'après laquelle le potentiel naturel des métaux est dû à une propriété moléculaire de chaque corps, indépendamment du milieu dans lequel il se trouve plongé, soit celle de Lodge selon laquelle la cause de l'effet Volta doit être cherchée dans l'affinité chimique du milieu pour les métaux, — tant que l'on admettra une de ces deux théories, dis-je, — il sera à prévoir que l'effet Volta diminuera lorsque la température s'abaisse. Mais il est difficile d'étudier cela expérimentalement puisque, selon la remarque de Pellat, il est difficile de changer la température d'un conducteur sans en changer en même temps, l'état superficiel. Cet inconvénient se fait sentir surtout lorsqu'on *chauffe* des métaux, aussi facilement oxydables que le zinc, mais il disparaît, ou est moins à craindre lorsqu'on *refroidit* les métaux.

Or, la méthode de l'action différentielle des deux métaux sur un fil électrisé se prête bien à ce genre de recherches.

Le fil de quartz F et les deux disques des métaux que l'on veut étudier sont fixés dans une ampoule de verre de la forme indiquée dans la fig. 2 qui rend assez bien compte du dispositif entier. Un étui de bois entoure l'appareil ; dans l'espace compris entre l'étui et l'ampoule, on peut verser de l'air liquide.

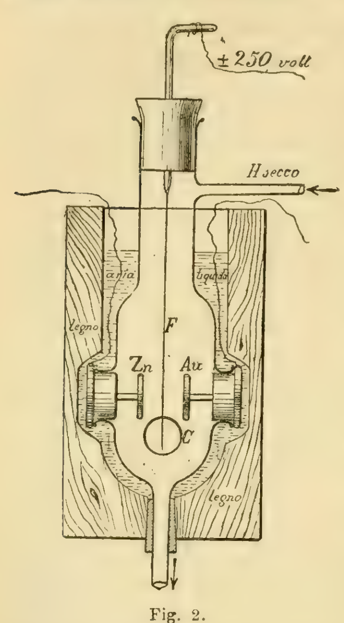


Fig. 2.

Les deux disques métalliques étudiés sont ainsi portés à la tempéɹature d'environ — 180° c. Afin d'éviter la précipitation sur les parois inférieures de la vapeur d'eau et de l'anhydride carbonique sous la forme solide il fut décidé de faire circuler, pendant toutes les expériences, de l'hydrogène pur et sec dans l'ampoule. Voici les principaux résultats obtenus :

	Zn Au	Al Au	Fe Au
Dans l'atmosphère	0,88	1,05	0,41
Dans l'H sec après 24 h.	0,80	0,93	0,37
Après avoir versé l'air liquide	0,05	0,09	non mesurable
Après une heure	0,73	0,82	0,25

On voit donc que la différence de potentiel des divers couples décroît énormément avec la température ; elle remonte ensuite, il est vrai ; mais quand les métaux ont repris la température ambiante, elle est un peu

moindre qu'avant le refroidissement. Cela est dû à une légère altération de l'état superficiel. De toute façon, cependant, ce phénomène secondaire est petit en regard de celui qu'on étudie. On peut donc prévoir que l'effet Volta tend à s'annuler avec l'abaissement de température et que probablement à — 273 il n'a plus lieu.

Les résultats obtenus avec les couples de métaux cités sont tellement concordants qu'on en peut conclure avec beaucoup de vraisemblance, que n'importe quel autre couple doit se comporter de même. Si cela est, en construisant les courbes des potentiels des divers métaux aux différentes températures, ces courbes ne doivent jamais se rencontrer pour des températures décroissantes, mais elles doivent finir par toucher à — 273 un certain axe des x qui représente le potentiel propre aux corps à cette température. Cela permet en même temps de conclure que la série de Volta ne change pas par l'abaissement de la température. Ces abaissements ne produisent d'autre effet que de déprimer la valeur des différences de potentiel de chaque couple.

Pour pouvoir tracer réellement ces courbes, il faudrait connaître la valeur du potentiel des corps au zéro absolu : cette valeur devrait être prise pour le zéro de l'échelle des potentiels. A mon avis cependant, cette recherche doit être difficile. Il faudrait confronter, en effet, un échantillon de chaque métal à la température du milieu avec d'autres échantillons de nature identique mais tenus à des températures qui aillent successivement en décroissant. S'il était possible de faire cette recherche, on arriverait à découvrir s'il existe quelque métal qui présente des variations de potentiel nulles ou

à peu près ; le potentiel de ce métal serait celui qu'on cherche, c'est-à-dire celui qui correspond à — 273°. Parmi tous les autres métaux, ceux qui ont un potentiel supérieur à ce dernier, deviendraient *moins positifs* par un abaissement de température, les autres deviendraient *moins négatifs*.

En faisant diverses expériences avec la méthode de l'action différentielle sur le fil de quartz, je suis arrivé à la conclusion que :

Si un métal est maintenu pendant un temps assez long dans un gaz bien sec, il devient plus négatif. Cela est dû sans doute à la complète dessication de la surface du métal même, et non à une action du milieu ambiant, action que personne n'a jamais vraiment constatée.

Il est donc clair, d'après cela, qu'en chauffant un métal même de quelques degrés seulement, il doit devenir plus négatif. Par conséquent, le fait que l'or, l'argent, le fer, le cuivre deviennent quelque peu négatifs lorsqu'ils sont chauffés, peut être seulement apparent et les véritables potentiels de ces métaux, c'est-à-dire ceux qui ont été mesurés dans une atmosphère absolument privée d'humidité, *croissent* probablement lorsque la température des métaux s'élève.

V. *Attraction entre des métaux différents.*

Dans une note précédente j'ai déjà fait voir que deux métaux hétérogènes doivent s'attirer à cause de la différence de potentiel qui existe entre eux ; j'ai aussi indiqué quelques dispositifs permettant de démontrer ce fait par l'expérience. En recourant à l'emploi des franges d'interférence, j'ai réussi à mesurer le phénomène d'une manière beaucoup plus précise.

Une petite balance sensible à $^1/_{100\,000}$ de mmg. est adapté au moyen de l'embouchure T (fig. 3) à la partie optique du dilatomètre Abbe-Pulfrich : ce dernier

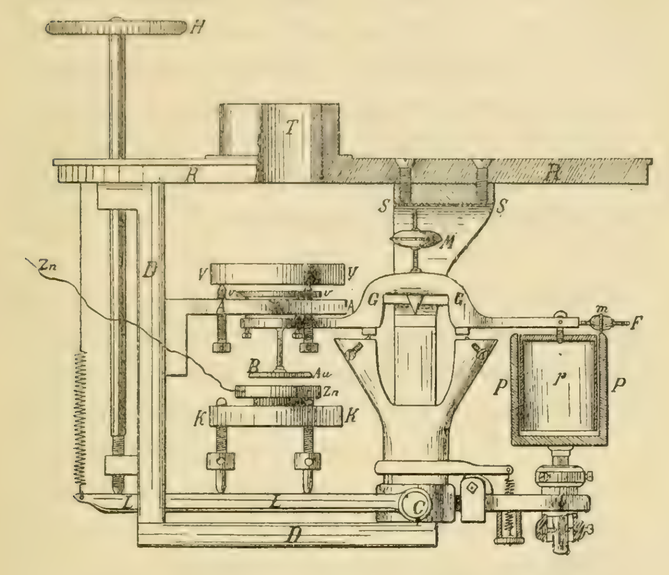


Fig. 3.

applique le principe de Fizeau à l'étude de la dilatation des solides.

Un petit étrier S est fermé à sa partie inférieure par une pièce d'acier trempée, horizontale et plane qui sert d'appui au couteau du fléau C. Un disque circulaire A, fixé à l'armature D, porte sur son pourtour trois vis verticales sur lesquelles s'appuie une lame de verre V à faces planes mais non parallèles. Le disque A est perforé de façon à livrer passage à d'autres vis au nombre de trois fixées au fléau G ; sur ces dernières vis s'appuie une seconde petite lame *v* dont la face inférieure est travaillée à l'émeri. Le disque de laiton doré

B est attaché au fléau ; au-dessus de B se trouve le disque de zinc.

A l'aide de la vis H on peut changer la distance entre Au et Zn. Le bras de droite du fléau soutient un vase *p* qui se meut dans un second vase P, sans le toucher, à l'effet d'amortir rapidement les oscillations de la balance. Pour changer la sensibilité et la position d'équilibre de la balance, il suffit de déplacer deux masses M, *m*, mobiles sur des vis. La figure explique suffisamment le dispositif pour l'arrêt et le soulèvement du fléau.

La lumière, provenant d'une source monochromatique, tombe sur les deux lames V et *v* convenablement réglées et après avoir été renvoyée par elles, arrive à l'œil de l'observateur en donnant naissance aux franges. On met alors le Zn en communication avec la masse de la balance. Par suite, la différence de potentiel entre Zn et Au est celle de leurs potentiels naturels. On commence à approcher très lentement Zn de Au au moyen de la vis H. De la sorte, on arrive à porter les deux disques à environ 0,5 mm. l'un de l'autre sans qu'ils se touchent ; l'attraction des disques dans cette position fait sortir 12 ou 15 franges (raie verte du mercure) du champ de l'oculaire. Cela correspond à un déplacement du fléau d'environ 6 micron et à une sensibilité de la balance de 1 mm. de déplacement pour $^1/_{10}$ de mg.

L'attraction newtonienne lorsque les disques pèsent chacun une dizaine de grammes, suffit à elle seule à sortir une ou deux franges du champ visible. Mais il est facile d'éviter cela en construisant les deux disques très minces. Soient A, B (fig. 3) les deux disques d'or et

de zinc de l'appareil et dont la différence de potentiel soit v. Par suite de l'attraction le disque A vient en C. Moyennant une source électrique de force électromotrice V, on porte le disque A au potentiel $V + v$; A s'abaisse encore en venant en D. En changeant alors les pôles de la source d'électricité, le disque en or acquiert le potentiel $V - v$ (en valeur absolue) et remonte en E. En tout cela on suppose que les déplacements du disque A soient petits en comparaison de la distance A B, de sorte qu'on peut considérer la distance réciproque des deux disques comme n'ayant pas changé. Appelons x, a, b les trois déplacements AC, CD, CE. Les deux derniers peuvent être mesurés au moyen de franges, et le premier est l'inconnue du problème. Quand le disque en or est en C, la force attractive électrique est :

$$F = hx = \frac{R^2}{8\,d^2}\,v^2.$$

dans cette expression h est une constante inhérente aux conditions de sensibilité de la balance ; on a donc :

$$x = \frac{1}{h}\,\frac{R^2}{8\,d^2}\,v^2.$$

De même :

$$a + x = \frac{R^2}{8d^2h}\,(V + v^2); \qquad b + x = \frac{R^2}{8d_2h}\,(V - v^2)$$

Posons :

$$\frac{R^2}{8d^2h} = r$$

Alors :

$$x = rv^2 ;\; a + x = r\,(V + v)^2 ;\; b + x = r\,(V - v)^2.$$

Dans ce système d'équations il y a trois inconnues : x, r, v.

Résolvant par rapport à v, on a :

$$v = \frac{V}{2} \cdot \frac{a - b}{a + b}$$

Donc, en observant les déplacements a, b produits par un potentiel auxiliaire quelconque V, au moyen de la formule précédente, on connaîtra la différence de potentiel des deux métaux. Quelques cas particuliers offrent des méthodes de mesure très simples.

Si on a : $a = 3\,b$, $v = -\,V$. Si donc, par une disposition bien connue on peut faire varier le potentiel auxiliaire et connu V, lorsque ce dernier sera devenu égal et de signe contraire à l'inconnue v, le nombre des franges qui sortent lorsqu'on charge l'or avec de l'électricité d'un certain signe est triple du nombre des franges qui rentrent lorsqu'on l'électrise en signe contraire. On trouve ainsi directement la valeur de v après quelques tâtonnements.

On arrive au même résultat si $b = -\,3\,a$.

Pour $a = o$, $v = -\,\frac{V}{2}$, ce qui nous dit que, dans le cas où le potentiel compensateur est double et de signe contraire à celui que l'on cherche, il n'y a aucun déplacement dans les franges. Ceci est la méthode la plus sûre et la plus exacte ; c'est en effet une méthode de réduction à zéro ; en outre, il n'y a pas de déplacement dans la position relative des deux disques, ce qui fait que la quantité d reste constante et qu'il n'y a à craindre aucune erreur due à l'action de la force newtonienne.

Les mêmes considérations valent pour le cas de $b = o$.

La connaissance des déplacements a, b sous l'action d'un potentel auxiliaire V, permet de déterminer en outre la valeur de x, ou en d'autres termes, la force inconnue qui agit entre les deux disques. Du système d'équations écrit plus haut on tire en effet :

$$F = \frac{h}{8} \frac{(a - b)^2}{a + b}.$$

On a une grande simplification dans le cas où le potentiel compensateur est double de la différence de potentiel naturelle : alors on a :

$$F = \frac{hb}{8}.$$

Enfin en résolvant par rapport à r on a :

$$r = \frac{a + b}{2 V^2} :$$

c'est-à-dire, par la position que nous avons faite plus haut :

$$d^2 = \frac{R^2 V^2}{4 h (a + b)}.$$

Ce dernier résultat nous dit que : la sensibilité h de la balance étant connue, on peut, dans chaque expérience déterminer la distance d des deux disques.

QUELQUES EXPÉRIENCES

SUR LA

DÉCHARGE ÉLECTRIQUE DANS LES GAZ

PAR

A. GARBASSO

à Turin

§ 1. C'est une idée qui depuis quelque temps a cours dans la science que la conduction de l'électricité à travers les gaz, soit un phénomène d'électrolyse, analogue de tous points aux phénomènes que présentent les liquides. On trouvera dans un livre de M. *J.-J. Thomson* « *Recent researches on electricity and magnetism* » des renseignements exacts et une discussion complète sur les preuves qu'on peut apporter à l'appui de cette hypothèse. Il paraît même que c'est là une idée très vraisemblable si, comme M. *Pringsheim* l'affirme, il se produit dans les gaz des phénomènes de polarisation. Cependant, dans ce cas, comme dans beaucoup d'autres, ce sont toujours des preuves indirectes qu'on donne, aussi à présent encore, reste-t-il à trouver une démonstration plus élégante de la valeur de ces idées théoriques. C'est ce que j'ai cherché à faire ; et, quoique je me croie bien loin d'avoir donné du problème, une solution définitive, je vais décrire dans ce mémoire quelques expériences sur les décharges électriques, qui ne sont peut-être pas tout à fait dépourvues d'intérêt.

§ 2. Lorsqu'on parle du mécanisme de la conduction dans les gaz on en vient à admettre tacitement que la nature du dit phénomène doit rester la même, à quelque pression qu'on l'étudie. La chose est sans doute très probable, mais, quand on observe les faits de plus près, on s'aperçoit bientôt que si le mécanisme intime ne change pas, le procès de la décharge devient cependant plus simple, quand la densité du milieu diminue.

C'est ce qui est prouvé avec éclat par les caractères qui distinguent les deux électrodes; ces caractères sont en réalité bien plus nets et plus frappants aux très faibles pressions. Aussi est-il sûr que ce sont là des conditions plus favorables pour l'étude du phénomène. Il y aura cependant de l'intérêt à montrer que, même dans des circonstances beaucoup plus compliquées, les grandes lignes du procès se conservent toujours. On peut très bien observer des phénomènes d'électrolyse, à la pression ordinaire de l'atmosphère, en faisant usage du petit appareil que je vais décrire.

Une bulle de verre porte, aux extrémités d'un de ses diamètres, deux électrodes de platine, et dans la direction d'un second diamètre perpendiculaire au premier elle se prolonge par un tube cylindrique, ouvert au fond. Ce tube traverse le bouchon, qui ferme une petite bouteille, de verre elle aussi, et va s'arrêter à la moitié de sa hauteur; on verse de l'eau dans la bouteille, de manière à ce que le niveau du liquide arrive à quelques millimètres de l'extrémité du tube [1].

[1] Si le liquide avait un niveau à peine plus élevé, il monterait bientôt après dans le tube; car les décharges donnent naissance à une grande quantité d'hypoazotide, qui se dissout dans l'eau, et de la sorte abaisse la pression à l'intérieur de la bulle.

Dans l'appareil que j'employais aux expériences définitives, la bulle avait un diamètre de quatre centimètres environ ; et les deux électrodes restaient vis-à-vis à huit millimètres de distance.

Si l'on fait passer dans ce petit spintéromètre des étincelles un peu vives[1], on observe tout d'abord une auréole vert-olive, sillonnée par quelques raies lumineuses très brillantes, d'une couleur rose foncé. Ces raies vont sans cesse en changeant de position et de forme. L'auréole n'est pas symétrique vis-à-vis d'un plan, qui coupe l'étincelle normalement, à son point de milieu; elle est au contraire un peu plus dilatée du côté du pôle négatif.

On observe encore une sorte de chenille de lumière diffusée, de couleur de lavande, tout autour de l'électrode positive.

Au passage des étincelles la bulle se réchauffe, et il se produit une quantité notable d'hypoazotide.

L'auréole, étudiée au spectroscope[2], accuse les

[1] J'employais à cet effet une petite bobine de M. *Gaiffe*, qui était excitée par six éléments *Bunsen*. On peut obtenir de la sorte une étincelle d'un centimètre environ, entre des bulles de 16 millimètres.

[2] J'ai employé à ces expériences deux spectroscopes différents. L'un d'entre eux était un appareil à un seul prisme et j'en déterminais la courbe caractéristique. Comme je portais la division 40 au point milieu des deux raies du sodium, on avait pour quelques longueurs d'onde bien connues les coordonnées qu'on tire de la tabelle suivante.

Li	23,1	(Li Cl dans la flamme d'un brûleur *Bunsen*)
H.	25,5	(H_2 dans un tube de *Geissler*)
Sr	30,0	(Sr Cl dans la flamme)
Sr	36,5	(Sr Cl » »)
Na	40,0	(Na Cl » »)
Tl	56,3	(Tl Cl » »)

bandes et les raies caractéristiques de l'azote. C'est dans toute l'étendue de la décharge le même spectre ; aussi n'y a-t-il rien en apparence qui serve à distinguer les deux pôles entre eux.

On obtient au contraire, de la manière suivante, des phénomènes de polarité très marqués.

Il faut d'abord ôter de sa place la bulle, on la renverse et, avec une pipette, on laisse tomber à l'intérieur quelques gouttes d'une solution saline ; nous allons supposer, par exemple, qu'il s'agit d'une solution de chlorure de lithium.

Sur quoi on fait tourner la bulle, tout en prenant garde de ne point mouiller les parois au voisinage des électrodes, et on la reporte en place.

Dans ces conditions nouvelles, les phénomènes de la décharge sont très brillants. D'abord, et pour quelque temps, l'étincelle est rouge tout du long ; mais ensuite cette couleur se localise peu à peu aux alentours du pôle négatif et prend la forme d'une flamme qui, en partant de l'électrode, vient se perdre au milieu de la décharge. Dans cette région, on observe au spectro-

H	77,0	(H_2 dans le tube)
Cs	92,0	(Ca Cl dans la flamme)
Cs	94,3	(Cs Cl » »)
Cu	102,0	(Cu Cl_2 » »)
Cu	107,0	(Cu Cl_2 » »)
H	109,5	(H_2 dans le tube)

Comme j'avais dessiné la courbe, qu'on peut déduire de là, je pouvais aisément déterminer la longueur d'onde des raies, que j'observais au cours des expériences.

J'employais aussi un petit instrument de *Browning* à vision directe. chaque fois qu'il me fallait suivre la variation d'éclat d'une raie, dont la longueur était connue auparavant.

scope, toute seule ou peut s'en faut, la raie caractéristique du lithium, alors que près de l'anode c'est le spectre de l'azote qui continue à se montrer.

Nous avons là un phénomène d'életrolyse très marqué ; de même que dans les solutions salines, *le métal se porte au pôle négatif.*

Quant aux étincelles très brillantes et très fines qui passent toujours entre les électrodes, elles n'ont pas la même couleur tout le long de la décharge : d'une teinte de pourpre sur l'auréole verte, elles tournent à l'azur du côté de la catode.

Comme ces étincelles sont très inconstantes, on ne peut pas les soumettre à l'examen spectroscopique, ce qui suffirait pour décider s'il y a là un phénomène d'électrolyse, ou plus simplement un effet de contraste.

§ 3. La convection du métal du côté de la catode se prouve aussi par une autre expérience élégante. A cet effet on se place d'abord dans les conditions que je viens d'indiquer et, à un moment donné, on change la direction du courant[1]. On voit alors pendant quelques secondes la décharge flamber dans toute son étendue ; mais la couleur rouge se rassemble bientôt après aux alentours de l'électrode négative.

Ces expériences peuvent se faire du reste en employant nombre d'autres corps à la place du chlorure de lithium ; le chlorure de sodium en solution acidifiée, le chlorure de cœsium et celui de thallium conduisent, ainsi que je l'ai constaté, aux meilleurs ré-

[1] Le commutateur est placé dans le circuit secondaire de la bobine.

sultats. Pour ma part, je donne quand même la préférence aux sels de lithium, la couleur qu'ils communiquent à la décharge étant celle qui tranche le plus nettement sur le fond de l'auréole verte.

§ 4. On ne saurait dire avec certitude quel rôle peut bien jouer l'eau dans la production de ces phénomènes : peut-être la vapeur se borne-t-elle à maintenir dans l'air ambiant les parcelles du sel ? Au fait, si l'on ôte de la bouteille le liquide, on réussit quand même les expériences que je viens de décrire, mais la durée du phénomène est bien moindre.

Si l'on cherche à employer à la place de l'eau des liquides dont le point d'ébullition est plus bas, les expériences ne sont pas, à vrai dire, de beaucoup plus brillantes, mais il se peut qu'on rencontre des phénomènes qui ont quelque intérêt.

Supposons, par exemple, qu'on échange la solution de chlorure de lithium dans l'eau avec une solution alcoolique du même sel. Il faut d'abord renverser la bulle et la maintenir en place par un soutien, de manière que le tube soit vertical ; après quoi on laisse tomber quelques gouttes du liquide sur le fond, et c'est tout.

Si l'appareil avait la même disposition que precédemment, il se pourrait bien que la vapeur d'alcool s'enflammât, ce qui donnerait lieu à des inconvénients très fâcheux.

Dans ces conditions, la décharge est quelque peu modifiée dans les détails ; l'auréole est plus restreinte, elle prend la forme d'un fuseau et la couleur tourne au vert-d'eau et même au bleu. Quant à la flamme rouge,

du côté de l'électrode négative, elle a une étendue bien moindre qu'auparavant.

Mais, à l'examen spectroscopique, on découvre maintenant, aux environs de l'anode, les bandes brillantes du carbone. Il y a là quelque chose de tout à fait nouveau, c'est-à-dire que la vapeur d'alcool entre en jeu; elle prend son rôle dans le phénomène, et remplace en quelque manière l'azote de l'air dont l'action était prépondérante dans les expériences que nous avons d'abord étudiées.

C'est là, ou je me trompe, un fait bien intéressant, car on peut en tirer cette conclusion que l'examen spectroscopique à lui seul ne suffit pas pour caractériser un milieu, que traversent les décharges électriques. Au fait, le spectroscope nous révèle avec une parfaite sûreté la présence de certains corps dans l'étincelle, mais il ne peut pas déceler d'autres corps qui, bien qu'existant aux environs des électrodes, n'ont aucun rôle dans les phénomènes de convection. On comprend de même comment il se fait que le chlore n'apparaît pas dans nos expériences.

En résumé nous pouvons bien déduire de tout cela qu'il se passe des phénomènes d'électrolyse au cours de la décharge à pression atmosphérique, mais il s'agit de phénomènes très compliqués, le milieu dissolvant exerçant quelquefois son action de différentes manières dans le mécanisme du procès.

§ 5. J'ai constaté dès le début de ce mémoire, l'opportunité de suivre les phénomènes de conduction dans les gaz aux très basses pressions. Comme le mécanisme est plus simple en ce cas, on a de la sorte une plus

grande probabilité de parvenir à des conclusions définitives.

C'est cette étude que nous allons attaquer dès maintenant, par l'examen de deux phénomènes secondaires qui sont caractéristiques pour le mouvement de l'électricité, aussi bien dans les liquides que dans les substances aériformes. Je vais décrire d'abord quelques expériences relatives à l'occlusion de l'hydrogène à la surface des électrodes de platine, et discuter ensuite le phénomène si intéressant de la désagrégation du conducteur négatif.

Ce n'est pas là un choix arbitraire, tant s'en faut, entre nombre de faits qui sont dignes d'un examen approfondi ; bien plus, nous allons voir que cette recherche nous sera très utile dans la suite.

Au fait, on trouvera dans l'occlusion de l'hydrogène, la raison de certaines anomalies, qui pourraient se présenter à la reproduction de mes expériences, et d'un autre côté il sera intéressant de vérifier dans les gaz, deux lois de *Bredig* et *Haber* sur la désagrégation de la catode au sein des électrolytes ordinaires ; d'autant plus que nous tirerons aussi de cette recherche des renseignements qui sont indispensables pour la conduite rigoureuse des expériences définitives.

Je vais démontrer tout d'abord que « si une électrode de platine est employée pendant quelques minutes dans un tube à hydrogène, elle retient toujours quelques traces de ce corps, de manière que si l'on porte cette même électrode dans un autre tube, il s'en échappe, sous l'influence de la décharge électrique, le gaz qui y était enfermé ».

Aussi est-il aisé de constater par le spectroscope, dans le nouveau tube, les raies de l'hydrogène.

J'employais à cet effet l'appareil dont la fig. 1 est un croquis. Les tubes K, C et G ont un diamètre d'un centimètre environ, tandis que les cloches TE, SE', DE″.

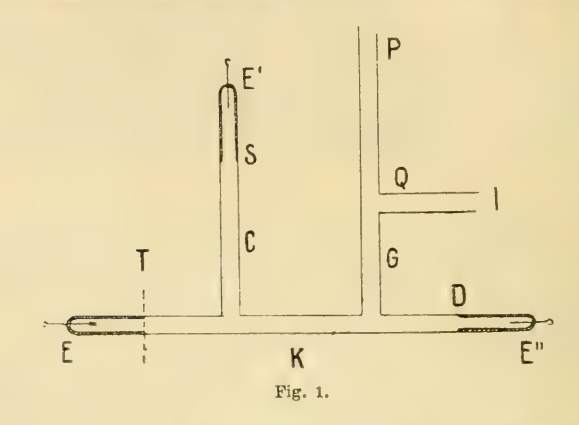


Fig. 1.

sont capillaires ; K a 30 cm de long et C en a 13. L'appareil porte aux extrémités E, E' E″ des électrodes de platine, il communique par I avec un générateur d'hydrogène et par P avec la pompe [1].

Il faut remarquer enfin qu'il y a en E', E″ des gros fils de platine, alors que l'électrode E est formée par une tresse de dix fils très fins.

On procède à l'expérience de la manière suivante : on ferme d'abord le tube en I et on fait agir la pompe, en poussant la raréfaction jusqu'à ce qu'au passage des étincelles les premières traces de fluorescence commencent à se montrer aux environs de la catode. On

[1] J'employais à ces recherches une pompe à mercure *Töpler-Bessel-Hagen* ; du reste, il n'était pas nécessaire pour la réussite de mes expériences que la raréfaction fut très avancée.

emploie alors par couples les trois électrodes, de manière à pouvoir vérifier dans les capillaires la nature du gaz. Si le spectre de l'azote apparaît seul, on peut en déduire aussitôt qu'il n'y a pas d'hydrogène dans notre appareil[1].

A ce moment on ouvre la communication en I, on remplit le tube, on referme et abaisse de nouveau la pression.

Dans ces conditions nouvelles, le spectroscope nous montre partout, très brillantes et presques seules, les raies caractéristiques de l'hydrogène. Quand cela est reconnu, on laisse passer pendant quelques minutes les décharges entre E et E′ (ou E″), et on fait rentrer l'air dans l'appareil.

Alors les électrodes E′ E″ sont détachées de leurs places, on les fait rougir à la flamme et on les soude comme auparavant aux bouts des capillaires. Après quoi on coupe le tube K au point T, la clochette ET est mise de côté et les deux ouvertures T et I sont soudées à la flamme.

Pour la troisième fois on relie le tube à la pompe et l'on produit la raréfaction ; les décharges lumineuses entre E′ et E″ donnent maintenant le spectre de l'azote et n'accusent aucune trace d'hydrogène.

Enfin nous laissons rentrer l'air, le tube est ouvert en T, et la clochette ET est soudée à son ancienne place. Comme la pression vient d'être abaissée, les décharges qui passent entre E′ et E″ montrent pendant

[1] Au fait, je trouvais par des expériences préliminaires dont on ne pouvait pas se passer sans manque de rigueur (cfr. § 4), que l'azote ne masque jamais l'hydrogène dans les tubes à gaz raréfiés.

longtemps les bandes de l'azote ; mais si l'électrode E est employée, les raies de l'hydrogène se montrent aussitôt. Le gaz sort de la tresse de platine et n'est pas resté adhérent aux parois du capillaire, comme on pourrait peut-être le croire ; au fait on *voit* la teinte rouge qui caractérise les tubes à hydrogène, se répandre peu à peu dans l'appareil.

Il paraît que, toutes choses égales d'ailleurs, les résultats sont plus brillants si, dans la seconde et dans la dernière phase de l'expérience, E joue le rôle d'une catode [1].

Il est très intéressant pour la pratique de constater que les fils de platine ne conservent aucune trace sensible d'hydrogène, après avoir été rougis à la flamme.

§ 6. Cette expérience que je viens de décrire nous donne le moyen de constater une nouvelle analogie entre les décharges des gaz et les courants des électrolytes. On trouve en effet que le fil de platine qui forme la catode dans un voltamètre à acide sulfurique se comporte en toute chose de même que les électrodes des tubes de *Geissler*.

Ce phénomène est connu depuis longtemps, mais il y a quelque intérêt à l'étudier par un appareil qui est semblable de tous points à celui que nous venons d'employer.

Il suffit à cet effet de supprimer le tube LI et de remplacer le capillaire TE par une clochette qui a un diamètre intérieur plus sensible.

[1] Peut-être parce que la tresse de platine est portée dans ce cas à une température plus élevée; cfr. à ce sujet *N. Cim.* (4), IX, 67, 1899.

L'expérience se conduit à peu près comme auparavant :

a) On constate en premier lieu qu'il n'y a pas d'hydrogène dans l'appareil ;

b) le tube K est coupé en T, on emploie la clochette TE à l'électrolyse de l'acide sulfurique ; E forme le conducteur négatif, l'anode est un fil qui plonge dans le liquide ;

c) le voltamètre est vidé, séché avec beaucoup de soins, et conservé pendant quelque temps dans une cloche avec du carbure de calcium ;

d) on soude TE à sa place et abaisse la pression.

L'expérience est même plus brillante que par l'autre méthode ; déjà par des décharges entre E′ et E″ les raies sont bien visibles, et si le conducteur E entre en jeu, l'appareil fonctionne de tous points comme un tube à hydrogène.

(*A suivre.*)

INFLUENCE DES SELS

SUR LE

POUVOIR ROTATOIRE DES SUCRES

PAR

Joseph de KOWALSKI et Paul TOMARTSCHENKO

De nombreux savants ont étudié l'influence qu'exercent les corps inactifs ajoutés aux dissolutions des sucres, sur leur pouvoir rotatoire.

Les études de Biot, Tollens, Schmitz, Müntz, Sostman, Gravier ont porté plutôt sur le côté pratique de cette question. Seul M. Farnsteiner, dans son travail traite cet objet d'une manière méthodique, en cherchant à établir des relations entre les propriétés des corps inactifs et leur influence. M. Farnsteiner a étudié notamment l'influence des chlorures des différents métaux. Comme résultat, il a obtenu que l'action des sels est proportionnelle à leur concentration dans la solution; il a trouvé encore que les différents chlorures exercent à la même concentration une influence d'autant plus grande que leur poids moléculaire est plus petit. Le travail actuel a pour but le développement de nos connaissances sur ce sujet.

En premier lieu, nous avons étudié le pouvoir rota-

toire de la saccharose dissoute dans les dissolutions salines des sels suivants : chlorure de lithium, chlorure de sodium, chlorure de potassium, chlorure d'ammonium, bromure de lithium, bromure de sodium, bromure de potassium, iodure d'ammonium, iodure de sodium et iodure de potassium. Toutes ces dissolutions étaient préparées de manière que la concentration du sucre fût constante, tandis qu'on variait la concentration du sel dissout.

La concentration de la saccharose était de 8,55 gr. par 100 ccm. de la solution. Toutes les expériences ont été exécutées à la température de 18°. Dans les tableaux qui suivent et qui comprennent les résultats obtenus, la concentration du sel est chaque fois exprimée en molécules par litre de dissolution. — $[\alpha]_D$ signifie le pouvoir rotatoire spécifique de la saccharose dans la dissolution saline pour la raie *D*. $\triangle$ signifie la différence entre $[\alpha]_D$ et le pouvoir rotatoire spécifique de la saccharose dissoute à la même concentration dans de l'eau pure.

Concentration du sel = ½ *mol.*	$[\alpha]_D$	$\triangle$
Chlorure de lithium...........	65°,16	1,49
Chlorure de sodium...........	65,20	1,45
Chlorure de potassium	65,28	1,37
Bromure de lithium...........	65,37	1,28
Bromure de sodium...........	65,46	1,19
Bromure de potassium........	65,58	1,07
Iodure d'ammonium	65.50	1,15
Iodure de sodium.............	65,61	1,04
Iodure de potassium	65,56	1,09

Concentration du sel = 1/4 mol.	$[\alpha]_D$	Δ
	°	
Chlorure de lithium...........	65,38	1,27
Chlorure de sodium...........	65,35	1,30
Chlorure de potassium........	65,44	1,21
Bromure de lithium	65,70	0,95
Bromure de sodium	65,74	0,91
Bromure de potassium........	65,85	0,80
Iodure d'ammonium..........	65,76	0,89
Iodure de sodium............	65,80	0,85
Iodure de potassium..........	65,88	0,67

Concentration du sel = 1/10 mol.	$[\alpha]_D$	Δ
	°	
Chlorure de lithium..........	65,86	0,79
Chlorure de sodium...........	65,94	0,71
Chlorure de potassium........	60,02	0,63
Bromure de lithium	66,10	0,55
Bromure de sodium	66,12	0,53
Bromure de potassium........	66,10	0,55
Iodure d'ammonium..........	66,18	0,47
Iodure de sodium	66,24	0,41
Iodure de potassium..........	66,27	0,38

Les résultats obtenus nous ont amenés aux conclusions suivantes :

1° En général le pouvoir rotatoire de la saccharose diminue en présence des sels halogènes et cette diminution est plus considérable quand la concentration du sel augmente.

2° Si l'on trouve certaines relations entre la valeur de la diminution et le poids moléculaire du sel, il ne s'ensuit pas, comme l'avait cru Farnsteiner, une proportionalité directe entre ces deux grandeurs.

3° En comparant l'état des dissociations électrolytiques des différents sels déterminés par Arrhenius avec la diminution correspondante du pouvoir rotatoire,

nous voyons, comme l'indique le tableau suivant, qu'il existe entre les deux propriétés un certain rapport.

Le tableau est calculé pour une concentration du sel d'un ½ mol. par litre.

Sel ajouté	Diminution du pouvoir rotatoire	Degré de dissociation
LiCl	1,49	0,75
NaCl	1,45	0,82
KCl	1,37	0,86
KJ	1,09	0,92
KBr	1,07	0,92

Si nous nous rappelons, d'autre part, qu'un sel est d'autant plus dissocié dans sa dissolution que la dilution en est plus grande, nous pouvons résumer nos conclusions dans une seule proposition :

La diminution du pouvoir rotatoire qu'exerce un certain sel ajouté à la dissolution du sucre est d'autant plus considérable que le sel est moins dissocié.

La valeur de la diminution qu'exercent différents sels est d'autant plus grande que leur pouvoir de se dissocier est plus petit.

Dans la suite de notre étude nous nous occupons de l'influence qu'exercent les chlorures des métaux alcalins ajoutés à des dissolutions de sucre interverti.

Les tableaux suivants indiquent les résultats obtenus :

Concentration du sel = = ½ mol.	P	q	$[\alpha]_D$	Δ
Chlorure de lithium	9	1,0438	— 23°,90	2,82
Chlorure de sodium	»	1,0499	— 23,64	2,56
Chlorure de potassium	»	1,0531	— 23,22	2,14

Concentration du sel = = ¹/₄ mol.	P	q	$[\alpha]_D$	△
Chlorure de lithium	9	1,0379	— 23°,15	2,07
Chlorure de sodium	»	1,0417	— 22,82	1,74
Chlorure de potassium...	»	1,0430	— 22,56	1,48

Concentration du sel = = ¹/₁₀ mol.	P	q	$[\alpha]_D$	△
Chlorure de lithium	9	1,0352	— 22°,62	1,54
Chlorure de sodium	»	1,0359	— 22,28	1,20
Chlorure de potassium...	»	1,0366	— 22,06	0,98

Dans ces tableaux : P signifie le poids en grammes du sucre interverti par 100 ccm. de la dissolution saline ; *q* le poids spécifique de la dissolution.

$[\alpha]_D$ le pouvoir rotatoire spécifique du sucre interverti dans la dissolution saline.

△ = la différence entre $[\alpha]_D$ et le pouvoir spécifique du sucre interverti dans l'addition du sel qui était égale à — 21°,08.

D'après ce tableau nous voyons que l'action des chlorures étudiés consiste dans une augmentation du pouvoir rotatoire gauche du sucre interverti.

Enfin, nous avons étudié l'influence de différents sels halogènes sur les dissolutions de la glucose. La glucose, donnant souvent le phénomène de bi-rotation, qui empêchait l'étude exacte de notre sujet, nous avons cherché à supprimer ces phénomènes. Nous y sommes parvenus en ajoutant une goutte d'une dissolution très diluée d'ammoniaque et en échauffant pendant quelques heures la dissolution de cette substance à 65°.

Le pouvoir rotatoire spécifique de la glucose anhydre fut trouvé égal à 52°,65.

Nous faisons suivre le tableau contenant les résultats relatifs à la glucose.

P signifie le nombre de grammes de la glucose anhydre dissoute dans 100 ccm. de la solution. P_1 le nombre des grammes du sel dissout dans le même volume de la dissolution ; $[\alpha]_D$ et Δ ont la même signification que dans les tableaux précédents.

Concentration du sel	*P*	P_1	$[\alpha]_D$	Δ
			°	
Chlorure de lithium	10,0	20,0	49,82	2,83
Chlorure de sodium	»	»	50,46	2,19
Chlorure de potassium...	»	»	51,32	1,33
Bromure de lithium	»	»	50,25	2,46
Bromure de sodium	»	»	50,87	1,68
Bromure de potassium...	»	»	51,40	1,25
Iodure d'ammonium.....	»	»	51,76	0,89
Iodure de sodium	»	»	51,12	1,53
Iodure de potassium.....	»	»	51,48	1,17

Nous voyons que les diminutions du pouvoir rotatoire droit de la glucose, causées par les sels, sont moins considérables que celles qui sont causées par les mêmes sels dans les solutions de la saccharose, mais nous revoyons encore la régularité mentionnée pour l'action des sels, dans le cas de la saccharose.

Institut de physique de l'Université de Fribourg.
17 février 1901.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

R. Nietzki et R. Dietschy. Sur le tétranitrobenzène, le dinitrosodinitrobenzène et la trinitrophénylhydroxylamine. (*Berichte*, t. XXXIV, p. 55; Bâle).

Le *dinitrosodinitrobenzène*

NO

O^2N =NO

O^2N

a été préparé par les auteurs en faisant réagir le chlorure de picryle en solution alcoolique sur le chlorhydrate d'hydroxylamine, en présence d'acétate de soude sec et en poudre. Ce produit peu soluble dans l'eau froide, facilement soluble dans l'eau chaude, l'alcool, l'éther, etc. fond à 133° ; il peut être oxydé au moyen de HNO^3 monohydraté et fournit ainsi le *tetranitrobenzène,* aiguilles jaunes, facilement solubles dans l'alcool, l'éther, l'acide acétique cristallisable, fusibles à 116°. Celui-ci donne par réduction le *tetramidrobenzène asymétrique* dont le *dérivé acétylé* fond à 245°. Lorsqu'on fait la réaction ci-dessus sans acétate de soude, elle est moins nette, et on obtient la *trinitrophénylhydroxylamine* qui se distingue du dinitrosodinitrobenzène par une moins grande solubilité et qui cristallise en aiguilles jaunes et fines fusibles à 174°. Chauffée en tube scellé avec HNO^3 elle se transforme en tétranitrobenzène. Lorsqu'on fait réagir une lessive alcoolique de potasse sur la trinitrophénylhydroxylamine, on obtient un *trinitrophénol* fusible à 117-118° que les auteurs désignent sous le nom d'acide isopicrique; ce dérivé doit se former par suite d'une transposition moléculaire. La trinitrophénylhydroxylamine

oxydée en solution acétique par l'acide chromique donne un *trinitronitrosobenzène* de la formule $C^6H^2(NO^2)_3NO$, qui cristallise en feuillets vert jaune, fusibles à 198°. Cette substance ne fournit pas, comme on aurait pu s'y attendre, par oxydation avec HNO^3 concentré, du tétranitrobenzène mais bien un dérivé cristallisant dans l'alcool en aiguilles jaunes, fusibles à 110° et correspondant selon toutes probabilités à un *dinitronitrosophénol* ou à une *dinitroquinonoxime*.

St. von Kostanecki et A. Rozycki. Nouveau mode de formation de dérivés de la chromone. (*Berichte*, t. XXXIV, p. 102; Berne).

Nagai et Tahara ont communiqué en 1892, le résultat de leurs recherches sur des produits de condensation qu'ils avaient obtenus en chauffant l'éther monométhylique de la résacétophénone (péonol) et la résacétophénone avec de l'anhydride acétique en présence d'acétate de soude déshydraté. Nagai a décrit sous les noms de *déhydrodiacétylpéonol* et d'*isodéhydrodiacétylpéonol* les deux produits de condensation isomères $C^{15}H^{12}O^4$ qui prennent naissance.

L'attention des auteurs a été attirée sur ces substances par le fait que la *3-oxy-β-méthylchromone* de Bloch et Kostanecki possède exactement les mêmes caractères que la *déhydroacétylrésacétophénone*, combinaison étudiée par Tahara et qui fut obtenue en chauffant longtemps la résacétophénone avec l'anhydride acétique et l'acétate de soude. L'identité des deux composés a été en outre établie par l'étude de leurs dérivés et les auteurs ont pu ainsi reconnaître la nature des produits de condensation isolés par Nagai et Tahara.

D'après leurs recherches l'*acétyl-déhydrodiacétylrésacétophénone* de Tahara correspondant à la 3-*acétoxy-(α?)-acétyl β méthylchromone*

```
                    O
CH³COO /\   /\ CCH³
      |  | |  ‖
       \/   \/ CCOCH³
            CO
```

on l'obtient facilement en chauffant peu de temps la 3-oxy-α-acétyl-β-méthylchromone avec de l'anhydride acétique et de l'acétate de soude; elle cristallise en aiguilles blanches, fusibles à 127°. La *déhydrodiacétylrésacétophénone* de Tahara est la 3-*oxy-α-acétyl*-β-*méthylchromone* que l'on obtient en agitant avec de l'ammoniaque aqueuse la 3-acétoxy-α-acétyl-β-méthylchromone. Elle cristallise en aiguilles soyeuses, fusibles à 182-184°. Le dérivé *méthoxylé* correspondant, feuillets fusibles à 160° est identique au *déhydrodiacétylpéonol* de Nagai obtenu, en même temps que l'éther méthylique de l'α acétylumbelliférone, en chauffant pendant 16 heures le péonol avec de l'anhydride acétique et de l'acétate de soude. Le *dérivé éthoxylé* est en longs feuillets, jaunâtres, fusibles à 130°.

La *déhydroacétylrésacétophénone* de Tahara est la 3-*oxy-méthylchromone*

```
              O
HO/‾‾\  /‾‾\CCH³
  |    |     ||
   \__/  \__/CH
             CO
```

on l'obtient en faisant bouillir pendant 15 minutes la 3-oxy-α-acétyl-β-méthylchromone avec une solution de carbonate de soude. Elle est en prismes et fond à 249-250°; son *dérivé acétylé* fond à 94-95°. Le *dérivé éthoxylé* correspondant cristallise dans l'alcool étendu en aiguilles soyeuses et fond à 123-124°. Dissout dans H^2SO^4 conc. il donne une solution incolore, douée d'une belle fluorescence bleu-violet. Ce produit est absolument identique à la 3-éthoxy-β-méthylchromone préparée par Bloch et Kostanecki en faisant bouillir le 2.4 diéthoxy-acétylacétophénone avec HI. Enfin le *déhydroacétylpéonol* de Nagai constitue la 3-*méthoxy*-β-*méthylchromone*; il est en aiguilles blanches, fusibles à 113° et donne avec H^2SO^4 conc. une solution incolore, douée d'une jolie fluorescence bleu-violet.

COMPTE RENDU DES SÉANCES
DE LA SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE
DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 11 janvier 1900.

O. Billeter. Critique d'un travail de M. le D[r] Viquerat sur la tuberculose.

MM. BILLETER et BÉRANECK présentent la critique de deux publications de M. le D[r] Viquerat sur *la tuberculose*, parues dans la *Revue Médicale de la Suisse romande*, 1899, p. 580 et 714. Ils montrent que ces travaux fourmillent d'affirmations contraires aux principes les plus élémentaires de la chimie et de la bactériologie.

Séance du 25 janvier.

F. Conne. Sur la composition d'un vin rouge de Neuchâtel 1897

M. F. CONNE a eu l'occasion d'analyser un *vin rouge de Neuchâtel 1897*, dont la pureté n'est pas douteuse, qui commence à être altéré par la tourne. Ainsi que cela arrive exceptionnellement, la teneur en acides volatils a augmenté aux dépens d'une certaine quantité de tartre. Mais ce vin est surtout intéressant en ce que la quantité de sulfate potassique (1,17 gr. par litre) donne à sa composition l'allure générale d'un produit étranger, à laquelle il serait facile de se tromper; un chimiste ne possédant pas tous les renseignements nécessaires sur son origine et son âge pourrait être induit à en tirer des conclusions tout

à fait erronées. Les souvenirs du propriétaire et de son caviste sont trop vagues pour pouvoir préciser l'origine de cette anomalie unique dans les annales vinicoles neuchâteloise.

Séance du 8 février.

F. Tripet. Sur une collection de champignons de l'herbier Morthier. — O. Fuhrmann. Le Plankton du lac de Neuchâtel (première partie).

M. F. Tripet, prof., présente une collection de 500 champignons faisant partie de l'herbier Morthier, appartenant à l'Académie. Cette collection, publiée par J. Kunze, à Eisleben, comprend 600 espèces, mais M. Tripet n'en a trouvé que 500 dont 300 exclusivement de Saxe et 200 de Suisse, la plupart des environs de Zurich, et quelques-uns des cantons de Lucerne, Thurgovie, St-Gall et Grisons. Les champignons suisses ont été récoltés par G. Winter, le mycologue bien connu, qui a publié avec Rabenhorst la flore classique des cryptogames de l'Europe centrale.

M. Tripet parle ensuite des champignons en général, de leurs caractères botaniques et surtout de leurs nombreux moyens de multiplication et de reproduction. Il passe en revue la systématique adoptée aujourd'hui et décrit les organes de reproduction propres à chaque ordre de cette classe des Thallophytes.

M. O. Fuhrmann présente la première partie d'une communication sur le *plankton du lac de Neuchâtel*. Il donne un aperçu général sur les stations biologiques d'eau douce et sur la technique de l'étude du plankton.

Séance du 22 février.

O. Fuhrmann. Quelques cas de tératologie. — Le plankton du lac de Neuchâtel (2e partie).

M. O. Furhmann présente *quelques cas de tératologie*, provenant des établissements de pisciculture de la Reuse.

Il s'agit d'embryons de truite possédant les uns deux têtes, les autres deux queues, d'autres encore des déviations de la colonne vertébrale. Ces monstruosités, qui s'observent souvent dans les établissements d'élevage, vivent au plus trois mois ; elles sont attribuées à des lésions subies par les embryons à la première période de leur formation, car en produisant artificiellement de ces lésions, on est arrivé à produire des monstruosités semblables ; elles sont peut-être aussi en partie l'effet d'une polyspermie.

Puis M. Fuhrmann présente la seconde partie de son étude sur le *Plankton du lac de Neuchâtel.*

La productivité du lac de Neuchâtel en matière organique vivante est plus considérable que celle d'autres lacs suisses, mais elle est beaucoup moins grande que celle des lacs de l'Allemagne du Nord. Le lac de Dobersdorf, par exemple, est quarante fois, celui de Plön dix fois plus riche en plankton que celui de Neuchâtel. En comparant les quantités de plankton pêchées dans les différents mois de l'année, nous voyons qu'elles varient beaucoup suivant les saisons ; nous pouvons facilement distinguer deux maxima et deux minima dans la production du lac. Les deux maxima apparaissent au mois de mai et au commencement de décembre. Le premier minimum se trouve au mois de mars, le second au mois d'août.

La richesse spécifique de la faune et de la flore du lac de Neuchâtel est très grande. Nous trouvons 21 espèces d'algues pélagiques, mais ce sont seulement des Asterionella, Dinobryon et Fragilaria, qui ont une influence sur la quantité du plankton. Dans le zooplankton nous rencontrons 6 espèces de Protozoaires, 19 espèces de Rotateurs, 12 espèces d'Entomostracés. Comme espèce intéressante ont peut citer le *Stentor polymorphus* Ehrb., qui a été pour la première fois constaté dans la zone pélagique d'un grand lac ; parmi les rotateurs je citerai le *Conochilus unicornis* Rouss., *Floscularia pelagica* Rouss., trouvés pour la première fois en Angleterre. La *Sida limnetica* découverte

par *Burckhardt* mérite une mention spéciale : elle n'a été constatée que dans quelques lacs de la Suisse.

Chacune des espèces qui composent le plankton a son cycle vital, son maximum et son minimum de développement. Un certain nombre d'espèces manquent pendant l'hiver, d'autres pendant l'été.

M. Fuhrmann a particulièrement étudié la distribution verticale du plankton qui, d'après *Apstein* et d'autres, paraît être stable dans les lacs de l'Allemagne du Nord. Dans le lac de Neuchâtel, comme dans la plupart des lacs suisses, on constate des *migrations journalières* qui manquent aux lacs de l'Allemagne du Nord. De nuit le plankton se concentre à la surface et présente alors la distribution verticale du plankton des lacs étudiés par *Apstein* et *Zacharias*. De jour, les animaux s'enfuient dans les profondeurs pour se protéger contre les rayons lumineux qui, dans nos lacs très transparents, pénètrent beaucoup plus profondément que dans les lacs de l'Allemagne du Nord.

Séance du 15 mars.

P. Godet. Les protozoaires du canton de Neuchâtel. — S. de Perrot. Observations pluviométriques et limnimétriques. — Ed. Cornaz. Quelques monstruosités végétales.

M. P. Godet prof., présente la liste des Protozoaires trouvés jusqu'ici dans le canton de Neuchâtel. Aucun travail n'a paru jusqu'à présent sur ce sujet et la liste en question n'est qu'un travail préliminaire.

Elle comprend 168 espèces ainsi réparties :

Ciliés..........	85	espèces
Suceurs........	6	»
Flagellates	39	»
Sarcodines	38	»
Total	168	espèces.

Plus un certain nombre de formes indéterminées.

Les localités explorées sont :

Le lac de Neuchâtel (bord, fond, eau).

Les divers petits lacs du pays (lac de St-Blaise, lac d'Etalières (Brévine).

La vieille Thièle (Landeron, Pont de Thièle).

Le Doubs (Brenets).

Le marais tourbeux des Verrières.

Les différents étangs et mares du pays.

Enfin le lac de Morat, en partie.

Ce travail est accompagné d'une cinquantaine de planches représentant d'après nature toutes les formes rencontrées jusqu'ici.

M. S. DE PERROT, ingénieur, parle des observations pluviométriques et limnimétriques faites dans le canton de Neuchâtel en 1899.

Une nouvelle station climatérique a été établie aux Brenets. Celle de Fontaines a été transférée à l'école d'agriculture de Cernier. La Chaux-de-Fonds en possède maintenant aussi une, avec observateur spécial.

Les plus fortes chutes de pluie en un jour (68^{mm}) ont eu lieu à St-Sulpice les 2 et 14 janvier. Dans ce mois, le plus arrosé de l'année, il est tombé dans cette localité 351^{mm} d'eau. C'est aussi à St-Sulpice qu'il est tombé le plus d'eau pendant l'année entière (1488^{mm}). Comparée aux moyennes de 36 ans, l'année a présenté pour Neuchâtel un déficit de 14 %.

Le mois d'avril a eu le plus grand nombre de jours de pluie, ceux de février et novembre le plus petit nombre.

Rangés par ordre d'intensité décroissante de pluie, la moyenne des 13 stations présentant des observations continues nous donne les chiffres suivants (en millimètres par mois).

Janvier	Avril	Septembre	Juillet	Juin	Octobre	Mai
210	196	113	101	92	91	89
Décembre	Août	Février	Mars	Novembre	Année, 1112	
71	66	32	27	24		

Les jours de pluie se répartissent comme suit :

Avril	Janvier	Septembre	Juin	Mai	Juillet	Décembre
22	15	15	12	12	12	10

Octobre	Mars	Août	Février	Novembre	Année, 130
10	8	7	4	3	

Les plus fortes chutes de pluie par jour en moyenne ont eu lieu à Tête-de-Rang ($10^{mm}.8$) et Saint-Sulpice (10,0), les plus faibles à Neuchâtel (5.9) et Serrières (6,4). C'est donc Neuchâtel qui a eu le plus de jours de pluie pour la quantité d'eau tombée, et Tête-de-Rang le moins.

Sans atteindre les étiages de 1893, nos principaux cours d'eaux ont cependant été très bas ; l'Areuse, à l'usine du Champ-du-Moulin, ne débitait plus le 22 décembre que 1650 litres à la seconde. A la même date, la Serrière est descendue à 352 litres (min. de 1893, 330. Le Seyon a été à sec durant 77 jours.

Le lac est monté à la cote 430 m. 42, du 21 au 23 janvier, et est descendu le 30 décembre à la cote 428 m.81, un des plus bas niveaux observés.

Enfin la plupart des habitants de nos montagnes se souviendront longtemps de la disette d'eau que nous avons eue en automne.

M. de Perrot présente les courbes limnimétriques du niveau du lac de Neuchâtel en 1899. Ce travail sera inséré dans le Bulletin de la Société.

M. le Dr Ed. Cornaz présente à la Société 5 monstruosités végétales, à savoir :

1° Une fleur d'Ancolie (*Aquilegia vulgaris L.*) de Chaumont, chez laquelle les cinq sépales, au lieu d'être d'un bleu lilacé, comme la corolle, sont verts avec une simple bordure colorée.

2° Une fleur d'une campanule cultivée (*Campanula Medium L.*), chez laquelle le calice est coloré en lilas comme la corolle, et présente une forme rotacée à contour sinueux et étalé, qui donne à cette fleur une ressemblance éloignée avec celle du *Narcissus pseudonarcissus L.*

3° Le Chasseron lui a fourni un exemplaire de *Gentiana acaulis L.*, dont la fleur d'un bleu clair présente les anomalies les plus singulières. La corolle est divisée en cinq lobes, dont quatre relevés, tandis que le cinquième, profondément séparé de ses congénères, s'abaisse ; le calice présente une disposition analogue, mais n'a que trois lobes arrondis dans le haut et un dans la partie inférieure, tandis qu'entre la corolle et le calice se trouve un pseudo-pétale coloré remplaçant un lobe du calice ; enfin il y a trois stigmates séparés, prolongés chacun en une capsule avortée, et des étamines imparfaitement dévoloppées, dont les étamines atrophiées ne paraissent pas réunies par leurs anthères.

4° Chez un salsifix indigène (*Tragopogon orientalis L.*) de Chaumont: la tige est formée par la réunion de deux tiges, ce qui se reproduit dans le capitule terminal, tandis que plus bas les quatre capitules simples portés chacun sur un long pédicule, se séparent de l'axe central sous forme de rayons, suivis plus bas d'un seul capitule.

5° Chez une Rose cultivée à fleurs doubles, du type de la *Rosa gallica L.*, la feuille la plus voisine de l'inflorescence n'a qu'une unique foliole largement développée, ce qui n'est régulier que dans une seule espèce de Rosier, dont on a voulu, sur ce seul caractère, faire un genre spécial sous le nom de *Haltenia, (Dumortier)*, *Lowea* (Lindley).

Séance du 29 mars.

Ed. Cornaz. Les Alchimilles bormiaises. — R. Chavannes. Essais de rendement des pompes installées par la ville de Neuchâtel à Combe-Garot.

Sous le titre : *les Alchimilles bormiaises*, M. le Dr Ed. Cornaz, utilisant ses propres herborisations et celles de M. Maximin Longa, instituteur secondaire, dans les limites de l'ancien comté de Bormio, et déterminées obligeamment par M. Robert Buser, à Genève, y indique quinze des formes établies comme espèces par ce dernier. Elles

sont généralement plus petites qu'à l'ordinaire, et en particulier que celles récoltées par M. F. Jaquet dans la Gruyère. Avec un plus grand matériel, M. Longa ne manquera pas de trouver dans sa patrie encore plusieurs espèces et surtout d'augmenter le nombre des localités, ce qui sera d'autant plus intéressant que les Alchimilles du versant méridional des Alpes sont bien peu connues.

M. R. Chavannes, ingénieur. *Essais de rendement des pompes centrifuges* installées par la ville de Neuchâtel à Combe-Garot.

Le Service des Eaux de Neuchâtel dispose, dans les gorges de la Reuse, de sources dont le niveau est inférieur à celui de son aqueduc.

Voici quelques renseignements sur les débits de ces sources, en litres par minute :

	Verrière	Source noire (tunnel)	Source Rochefort (éboulis)	Combe-Garot
1899 29 avril	5625	3460	1400	4025
1899 Etiage (décembre) .	1730	187	658	1960
1900 20 janvier	4725	3110	1020	3150

Pour amener cette eau dans l'aqueduc de la ville, qui passe à proximité sur le flanc de la montagne, il a été installé deux groupes de turbines et pompes, fournies par la maison Piccard et Pictet, de Genève, au sujet desquelles il a été fait des essais assez complets.

Il était d'un certain intérêt de profiter des circonstances favorables pour faire quelques musures précises. Ces circonstances sont décrites ci après.

Hauteur de refoulement. — La distance verticale entre la nappe du réservoir d'aspiration et l'aqueduc a varié entre 87 et 88 $^1/_2$ mètres.

Débit des pompes. — L'eau refoulée arrive à côté de l'aqueduc dans une chambre de jauge d'une capacité utile de 3063 litres. Pendant les mesures cette chambre se remplissait en un temps variant entre 32 et 80 secondes.

Le 0 correspond à une nappe d'eau de plus de 40 cm.

Pour mesurer la puissance fournie aux pompes, il a été

employé un frein à serrage automatique et refroidissement par arrosage intérieur.

Débit de la turbine. — Ce débit a été étudié de deux manières. On a mesuré la section des orifices et calculé les débits : puis on a vérifié les calculs par l'observation d'un déversoir.

Le canal ayant 1^m50 de large, le déversoir avait 0^m50. En appelant A et *a* ces quantités, et *h* la hauteur d'eau au-dessus de la crête, on a appliqué la formule de Brashmann :

$$Q = \left(1,7 + 0,171 \frac{a}{A} + 0,00235 \frac{1}{h}\right) a\, h \sqrt{h}$$

On comparait les mesures au débit calculé d'après les sections des orifices, tous sensiblement égaux et ayant $10,92\ cm^2$. On a appliqué comme coefficient de vitesse le chiffre 0.085 admis généralement pour les turbines. L'accord a été très satisfaisant.

Turbine. — La turbine nº 1 a été l'objet du plus grand nombre de mesures, parce qu'elle a été montée d'abord sans pompe, ce qui facilitait les expériences.

La pression de l'eau motrice était de 89^m80 au distributeur. Le manomètre, quoique sensible, n'indiquait pas de perte de charge appréciable. La vitesse normale de la turbine est de 800 tours par minute. Sa puissance, de 180 chevaux en pleine charge à cette vitesse.

Essais de puissance de la turbine des 16, 17 et 18 décembre.
Turbine nº 1.

Nombre d'orifices	Vitesses extrêmes	Puissances extrêmes	Nombre d'essais	Moyenne
1	805	36	1	36
2	785-800	72,5-73	2	72,75
3	805-815	109-112	3	111,1
4	810-855	141-149	8	145,5
5	820-880	179-184	7	180,9

Résultats moyens.

Nombre d'orifices ouverts à la turbine	Débit des pompes Litres Minute	Litres Seconde	Hauteur d'élévation	Chevaux théoriques correspondants
1	0	0	0	0
2	97	1,62	87,4	1,88
3	2535	42,2	87,6	49,3
4	3997	66,6	87,9	78
5	5615	93,6	88,14	110

Comme chaque groupe comporte quatre pompes centrifuges associées en séries, les rendements observés se rapportent pour chaque pompe à une hauteur d'élévation du quart de la hauteur totale, soit environ 22 *mètres*.

Débit turbine Litres par seconde	Nombre d'orifices onverts	Pression de l'eau motrice	Débit des pompes Litres-seconde	Hauteur de l'élévation	Puissance de la turbine observée	Puissance représentée par l'eau élevée
39	1	89,8	0	0	36,00	0
78	2	»	1,62	87,4	72,75	1,88
117	3	»	42,20	87,6	111,10	49,30
156	4	»	66,60	87,9	145,50	78,00
195	5	»	93,60	88,14	180,90	110,00

Nombre d'orifices ouverts	Rendement de la turbine	Rendement des pompes	Rendement total turbine et pompe	Tours par minute
1	0,771	0	0	—
2	0,778	0,0258	0,02	728
3	0,792	0,444	0,352	754
4	0,779	0,535	0,418	782
5	0,775	0,610	0,472	814

On retrouve dans ces essais le fait toujours observé d'un rendement croissant avec le débit d'une pompe centrifuge. Le maximum atteint à Combe-Garot, 61 % a été dépassé encore avec une turbine plus puissante.

On a en effet dû remplacer un des distributeurs usés, et le nouveau ayant des orifices plus grands, le rendement des pompe a monté à 64 ½ % environ, pour un débit de 6210 litres à la minute.

Séance du 20 avril.

R. Weber. Le chronoscope Hipp, le cadran horaire électrique et le pendule. — L. Favre. Notice nécrologique sur le Dr Quélet.

M. R. Weber, prof., présente une communication sur le *chronoscope Hipp, le cadran horaire électrique et le pendule*. Ces trois appareils destinés à donner un intervalle de temps avec haute précision, sont de construction connue. Dans le but de vérifier leurs indications, l'auteur a comparé d'abord le chronoscope Hipp aux signaux électriques envoyés par l'horloge-mère de la ville à un cadran horaire. Une disposition réunissant le circuit électrique venant de l'horloge-mère et un circuit contenant le chronoscope Hipp et deux relais, permettait un déclanchement automatique du chronoscope, tant pour la marche que pour l'arrêt de ses aiguilles.

133 comparaisons irréprochables des minutes de ces deux horloges ont fourni les valeurs extrêmes $60^s,208$ et $60^s,398$. Les nombres trouvés paraissent présenter une certaine périodicité. Les moyennes de ces périodes donnent comme valeurs extrêmes $60^s,269$ et $60^s,349$, lorsque la moyenne générale est de $60^s,308$. Il y a donc des écarts jusqu'à $0^s,1$ par minute.

L'auteur a comparé ensuite le chronoscope Hipp à la durée d'oscillation d'un pendule long d'environ 12 m. Un premier circuit, comprenant l'interrupteur mis en action par le pendule, était joint au circuit du chronoscope par l'intermédiaire de deux relais, pour que la mise en marche et l'arrêt des aiguilles du chronoscope se fassent automatiquement. Le pendule faisant chaque fois cinq oscillations doubles, les neuf mesures successives ont donné des résultats très concordants, dont la moyenne est de $37^s,109$ avec un écart maximum de $0^s,004$.

Ces résultats permettent de conclure que les intervalles de temps sont donnés par le chronoscope Hipp et par le pendule avec une très haute précision. Les signaux électriques reçus par les cadrans horaires ne méritent pas cette qualification.

M. L. Favre présente une notice nécrologique sur le Dr Quélet, d'Hérimoncourt (Doubs), membre honoraire de la Société, connu par ses travaux et ses publications sur les champignons hyménomycètes.

Séance du 4 mai.

E. Murisier. Le rôle psychologique de la loi de l'adaptation.
P. Godet. Une Hélix nouvelle pour nos contrées.

M. E. Murisier, prof., détermine *le rôle psychologique de la loi de l'adaptation*. Le défaut d'adaptation au milieu social est une des causes fréquentes de la désagrégation mentale, et la stabilité mentale dépend, chez certains individus, de l'adaptation à un milieu particulier. Le monde réel, divers et changeant, ne convient qu'à l'individu sain, capable de s'adapter à de nouvelles conditions d'existence. Il faut à l'être faible, à l'aboulique, un monde toujours identique à lui-même. Créer des milieux absolument uniformes et stables, à l'usage des esprits faibles, tel est justement l'office du fanatisme politique ou religieux. (Voir *Revue philosophique*, Décembre 1900.)

M. P. Godet, prof., rend compte de la découverte dans les environs de Neuchâtel, d'une espèce d'Hélix nouvelle pour le canton et même pour la Suisse, si l'on en excepte un point du canton des Grisons. C'est l'*Hélix obvia* Zgl., si répandue dans l'Europe orientale et méridionale.

Elle a été trouvée en abondance dans un pré descendant de la campagne du Chanet jusqu'à la route des gorges du Seyon. Il est plus que probable qu'elle y a été importée avec des graines de plantes fourragères. Des faits du même genre se sont produits en Allemagne. Une seule chose étonne, c'est que l'H. obvia n'ait pas été signalée ailleurs en Suisse ; peut-être n'a-t-elle pas été reconnue à cause de sa ressemblance avec l'*Helix ericetorum* Müller avec laquelle on la trouve *au moins chez nous*.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIETE DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENEVE

Séance du 3 janvier 1901.

Duparc. Carte géologique du Mont-Blanc. — Duparc. Voyage d'exploration minière dans l'Oural. — D'Espine. Le rôle des moustiques dans l'étiologie de la malaria (suite).

M. le prof. L. Duparc fait hommage à la Société de sa *carte géologique du Mont-Blanc.*

M. le prof. L. Duparc rend compte du récent *voyage d'exploration* qu'il vient de faire pendant deux mois *dans l'Oural*, en compagnie de son assistant le Dr Pearce. La région visitée porte le nom de Rastesskaya Datcha, elle est située dans le district de Solikamsk, et comprend le bassin supérieur et moyen de la rivière Kosswa et de ses affluents (Rivières Tilaï, Tepil, Kyria, etc.,) vers l'ouest, elle va depuis la ligne de partage des eaux européennes et asiatiques, jusqu'à une limite qui le long de la Kosswa passe par Troïtsk et Verkh Kosswa pour se prolonger vers le nord jusqu'au Tscherdinsky-Kamen. Cette région comprend des sommets qui ne dépassent pas 1600 mètres (Kossvinsky, Tilaï, Aslianka, etc., elle est couverte d'épaisses et impénétrables forêts tourbeuses jusqu'à la hauteur 800-900 mètres environ. M. Duparc indique rapidement les conditions générales du pays, les caractères principaux de la géographie, de la climatologie, ainsi que de l'ethnographie des populations qu'on y rencontre, il donne des ren-

seignements sur la façon dont on vit dans l'interminable forêt, sur les campements usités par les rares habitants de ces solitudes, et sur les moyens de ravitaillement dont on dispose pour une expédition de ce genre.

MM. Duparc et Pearce ont exploré à fond le massif du Kosswinsky et les régions limitrophes, leurs recherches ont également porté sur le Kateschersky et le Tilaï Kamen qui sont des montagnes arides, situées près de la ligne de partage.

La constitution géologique de ces montagnes, et l'étude pétrographique des roches qu'on y rencontre feront l'objet de communications ultérieures ; pour le moment M. Duparc résume brièvement les traits principaux d'une étude fort intéressante faite sur les gisements platinifères de la région. Des recherches méthodiques faites sur toutes les rivières, comparées avec les observations pétrographiques faites *in situ*, ont permis à MM. Duparc et Pearce de trouver celle des roches basiques si variées de la région, qui renferme le platine. Cette roche est une dunite massive en voie de serpentinisation, et cette observation permet de raccorder entr'eux les divers gisements platinifères de la localité. MM. Duparc et Pearce ont pu vérifier dans les plus petits détails l'exactitude de cette observation, notamment la liaison constante du platine avec les roches indiquées.

Le Prof. D'Espine fait un exposé des résultats obtenus en Italie dans les pays à malaria par les *blindages des maisons contre l'invasion des moustiques* à l'aide de toiles métalliques. Il n'y a eu que 10 cas de malaria chez 207 employés de chemins de fer du Latium, soumis aux mesures prophylactiques, tandis que presque tous leurs camarades dans la même région, non soumis au même régime, ont pris la maladie.

Il relate ensuite l'expérience faite par Manson à Londres en automne 1800 avec des moustiques (anopheles) envoyés de Rome, qui s'étaient gorgés de sang d'un malade atteint de fièvre tierce. Un jeune homme sain qui

n'avait jamais eu la malaria, a consenti à se laisser piquer par ces insectes et a été atteint d'accès typiques de fièvre tierce, avec gonflement de la rate et hématozoaires de Laveran dans le sang.

L'expérience ayant été faite à Londres est absolument concluante en faveur de la propagation de la malaria par la piqûre des Anopheles.

Séance du 17 janvier.

Chodat. Rapport présidentiel annuel pour 1900.

M. R. Chodat, président sortant de charge, donne lecture de son *rapport présidentiel annuel* sur l'activité de la Société pendant l'exercice 1900. Ce rapport contient les biographies de M. le Dr William Marcet, membre ordinaire, et de M. le baron de Selys-Longchamp, membre honoraire, décédés en 1900 [1].

Séance du 7 février.

F. Kehrmann. Matières colorantes dérivées de l'oxazine, de la thiazine et de l'azonium.

M. F. Kehrmann fait une communication sur quelques résultats obtenus par lui en collaboration avec ses élèves, V. Vesely', E. Misslin, C. Stampa et A. Denguin, et qui viennent confirmer d'une manière irréfutable le bien fondé d'une théorie émise par l'auteur, il y a deux ans environ [2], et concernant la constitution chimique de *trois classes de colorants organiques, dérivant de l'Oxazine, de la Thiazine et de l'Azonium.*

D'après cette théorie, les sels de ces trois classes de couleurs possèdent tous une constitution analogue et un

[1] V. prochain vol. XXXIV des *Mémoires de la Soc. de physique et d'hist. nat.*

[2] *Archives*, quatrième période, t. VIII, p. 306.

chromophore orthoquinoïdique, ainsi que le démontrent les formules :

N
NH_2
O Cl
I

N
NH_2
S Cl
II

N
NH_2
N
C_6H_5 Cl
III

L'oxygène et le soufre du noyau (form. I et II), en fonctionnant comme éléments quadrivalents, viennent prendre la place du groupe $N—C_6H_5$, également quadrivalent du troisième composé (III).

C'est à ces trois atomes ou radicaux quadrivalents que ces substances doivent leur caractère basique et positif.

L'auteur se proposant de publier *in extenso* dans les *Archives* les principaux résultats de ses recherches, il suffira d'en indiquer ici quelques uns des plus importants.

I. La Thiazine de Benthsen[1] à laquelle ce chimiste a assigné la formule para-quinoïdique (IV) possède en réalité

H
NH =
Cl
N
S
IV

NH
S
V

NH
O
VI

un aminogène et par conséquent la formule II (voir plus

[1] *Liebigs Annalen*, 230, p. 103.

plus haut). Cette substance se laisse diazoter, et le diazoïque fournit avec la résorcine un azoïque bien caractérisé.

II. La Thiodiphénylamine (form. V) ainsi que la Phénoxazine (VI) se comportent toutes les deux vis-à-vis des oxydants comme des leuco-dérivés et peuvent être transformés en sels de Phénazothionium et de Phénazoxonium, substances orthoquinoïdiques colorées (VII et VIII).

XII

XIII

IX

analogues au Phénylphénazonium déjà connu (IX).

Ces trois derniers corps doivent être envisagés comme substances mères des colorants oxaziniques, thiaziniques et azonium, qui en dérivent par substitution.

Le Phénazothionium fournit en effet avec l'aniline deux produits de substitution, la Phénylthiazine (X) et la Diphénylthionine (XI).

X

XI

Le Phénazoxonium, dérivé très peu stable, fournit avec la même amine à l'état naissant deux colorants analogues (fig. XII et XIII).

XII

XIII

On observe une telle analogie chez tous ces produits, et cela non seulement entre eux, mais encore avec les composés azonium correspondants, que les anciennes formules doivent être, sans aucun doute, remplacées par celles qui viennent d'être établies.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

FÉVRIER 1901

Le 1er, brouillard à 10 h. du matin; neige depuis 3 h. 17 m. du soir; hauteur : 15cm,0; forte bise de 4 h. à 9 h. du soir.
2, brouillard à 7 h. du matin.
3, quelques flocons de neige dans la matinée
4, nouvelle chute de neige dans la nuit; hauteur : 2cm,0; pluie à 10 h. du matin.
5, pluie dans la nuit et à 4 h. du soir; forte bourrasque de neige à 4 h. 30 m. du soir; très fort vent depuis 10 h. du matin.
6, très fort vent la nuit jusqu'à 10 h. du matin; neige depuis 9 h. du soir.
7, très forte bise depuis 4 h. du soir.
8, très forte bise le matin jusqu'à 4 h. du soir et à 10 h. du soir.
12, très forte bise le matin jusqu'à 4 h. du soir.
13, faible chute de neige à 8 h. 30 m.
14, très forte bise pendant tout le jour.
15, tremblement de terre à 6 h. 30 m. du matin; neige pendant la matinée; très forte bise à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir.
16, très forte bise le matin jusqu'à 1 h. du soir; neige depuis 7 h. du soir; hauteur : 4cm,5.
17, tremblement de terre à 6 h. 39 m. du matin; quelques flocons de neige le matin et l'après-midi; forte neige depuis 10 h. du soir; hauteur : 1cm,0.
18, très forte bise le matin jusqu'à 1 h. du soir et à 9 h. du soir.
19, très forte bise le matin jusqu'à 1 h. du soir.
20, gelée blanche le matin; faible chute de neige pendant toute la journée.
21, neige fine dans la matinée.
22, forte gelée blanche le matin; brouillard jusqu'à 10 h. du matin.
23, le minimum de température, en plein air, sur la neige, descend à − 18°,5 C. le matin; forte gelée blanche et léger brouillard le matin.
24, forte gelée blanche le matin; halo et couronne lunaire.
25, très forte gelée blanche le matin.
26, très forte gelée blanche le matin.
27, très forte gelée blanche le matin; quelques gouttes de pluie à 3 h. du soir.
28, fort vent et pluie depuis 7 h. du soir.

Hauteur totale de la neige : 22cm,5 en 4 jours.

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux suivants.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 10 h. matin	723,4	Le 5 à 2 h. soir	709,2
10 à 10 h. matin	35,6	10 à 11 h. soir	33,1
16 à 11 h. matin	34,2	12 à 2 h. soir	26,2
23 à 9 h. matin	30,8	17 à 7 h. soir	24,2
28 à minuit	24,3	22 à 5 h. soir	28,4
		28 à 5 h. soir	19.5

Résultats des observations pluviométriques faites dans le canton de Genève.

Stations Observ. MM.	CÉLIGNY Ch. Pesson	COLLEX J. Gottraux	CHAMBÉSY L. Perrot	SATIGNY P. Pelletier	ATHENAZ J.-J. Decor	COMPESIERES Pellegrin
Hauteur d'eau en mm.	33.7	46.7	34.3	58.0	47.5	41.5

Stations Observ. MM.	VEYRIER B. Babel	GENÈVE Observatoire	COLOGNY R. Gautier	PUPLINGE A. Dunant	JUSSY M. Micheli	HERMANCE C. Nyauld
Hauteur d'eau en mm.	41.0	30.0	31.6	24 0	...	33.5

Durée totale de l'insolation à Jussy : ..h ..m.

GENÈVE. — FÉVRIER 1901.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Ecart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en %. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en %. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en %. Minim.	Fract. de saturation en %. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'h.	Vent dominant.	Chemin parcouru par le vent. Kil. par heure.	Nébulosité moyenne	Insolation. Dur. en heures.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.					h.	°		
1	720,69	— 6,76	716,4	723,4	— 1,15	— 1,60	— 3,3	+ 2,2	88	+ 4	69	100	9,4	7	NNE. 1	6,0	10	0,0	4,7	— 0,1	1422
2	19,19	— 8,22	16,2	20,4	— 0,27	— 0,78	— 1,7	+ 4,9	89	+ 5	74	100	...	..	SSW. 1	18,0	8	4,4	4,3	— 0,5	1405
3	18,23	— 9,13	17,2	19,5	+ 0,39	— 0,19	— 2,2	+ 4,2	85	+ 1	70	92	1,8	2	var.	2,1	8	0,6	...	.....	1415
4	15,82	—11,49	13,9	17,3	+ 1,43	+ 0,78	— 2,0	+ 4,9	88	+ 4	80	96	2,1	3	var.	4,6	10	0,0	4,8	0,0	1410
5	12,16	—15,10	09,2	13,7	+ 3,24	+ 2,52	0,0	+ 7,8	74	—10	51	90	2,1	1	SSW. 2	18,9	8	2,5	5,0	+ 0,2	1405
6	18,18	— 9,03	13,6	22,8	+ 0,67	— 0,13	— 0,9	+ 2,9	85	+ 1	69	95	0,6	2	SSW. 1	18,9	10	0,0	5,1	+ 0,3	1395
7	24,80	— 2,36	23,0	25,9	— 0,58	— 1,45	— 3,3	+ 1,9	87	+ 4	69	99	...	..	NNE. 3	20,9	10	0,0	4,8	0,0	1440
8	28,74	+ 1,63	26,0	31,9	— 0,04	— 0,99	— 1,0	+ 1,2	83	0	75	89	...	..	NNE. 2	26,6	9	1,9	4,7	— 0,1	1405
9	33,38	+ 6,33	31,7	34,6	— 0,87	— 1,90	— 2,7	+ 2,0	83	0	64	92	...	..	NNE. 1	7,3	9	0,3	4,7	— 0,2	1400
10	34,36	+ 7,36	33,1	35,6	— 1,34	— 2,45	— 3,5	+ 1,5	85	+ 2	69	93	...	..	NNE. 1	9,2	1	7,8	...	.....	1390
11	30,07	+ 3,13	27,8	33,0	— 2,48	— 3,68	— 6,5	+ 2,5	83	0	71	95	...	..	NNE. 1	4,2	5	6,2	4,3	— 0,6	1355
12	27,27	+ 0,39	26,2	28,6	— 3,22	— 4,50	— 7,0	— 0,7	76	— 7	52	94	..	..	NNE. 3	18,9	0	9,3	4,0	— 0,9	1360
13	28,54	+ 1,72	27,7	29,3	— 3,90	— 5,27	— 9,5	+ 3,0	81	— 1	52	94	0,1	..	SSW. 1	6,2	9	3,2	3,9	— 1,0	1335
14	30,19	+ 3,43	28,2	32,2	— 5,75	— 7,21	— 8,0	— 3,1	82	0	70	94	...	..	NNE. 3	28,2	3	6,6	3,5	1,4	1310
15	31,71	+ 5,01	30,9	33,2	— 7,93	— 9,48	— 9,7	— 5,5	81	— 1	67	94	...	..	NNE. 3	20,9	5	4,6	2,0	— 3,0	1295
16	32,79	+ 6,15	31,1	34,2	— 6,36	— 8,00	—10,1	— 2,3	76	— 6	60	95	2,5	5	NNE. 2	18,9	5	6,2	1,8	— 3,2	1311
17	26,95	+ 0,37	24,2	31,0	— 3,26	— 5,00	— 5,4	— 1,2	91	+ 9	80	98	0,7	2	var.	6,2	10	0,0	...	.....	1265
18	26,33	— 0,49	24,1	28,9	— 2,40	— 4,23	— 4,5	+ 0,3	85	+ 4	73	96	...	..	NNE. 2	23,1	8	3,3	1,8	— 3,2	1280
19	29,24	+ 2,78	28,6	30,0	— 5,07	— 7,00	— 9,0	— 2,2	80	— 1	70	90	...	..	NNE. 1	14,6	2	6,4	1,7	— 3,4	1229
20	28,48	+ 2,09	27,4	29,6	— 8,05	—10,08	—13,8	— 3,4	81	0	68	92	...	..	NNE. 1	6,3	7	2,4	2,0	— 3,1	1210
21	28,86	+ 2,53	28,3	29,7	— 6,71	— 8,84	—10,3	— 3,4	81	0	72	89	...	..	NNE. 1	7,3	4	5,2	2,0	— 3,1	1175
22	29,43	+ 3,16	28,4	30,0	— 7,50	— 9,73	—13,0	— 2,3	81	+ 1	70	89	...	..	var.	3,8	4	4,3	2,2	— 3,0	1155
23	29,49	+ 3,29	28,1	30,8	— 7,38	— 9,71	—14,0	— 0,4	85	+ 5	71	100	...	..	var.	1,6	1	5,8	2,0	— 3,2	1138
24	26,61	+ 0,47	24,3	29,4	— 4,10	— 6,54	—11,1	+ 3,5	80	0	56	93	...	..	var.	3,1	2	6,9	...	.....	1155
25	23,66	— 2,42	22,8	25,0	— 1,35	— 3,89	— 6,9	+ 5,7	74	— 6	50	89	...	..	var.	2,5	2	7,0	3,7	— 1,6	1130
26	21,92	— 4,09	20,1	23,0	— 0,87	— 3,52	— 7,1	+ 5,2	81	+ 1	62	92	...	..	N. 1	3,4	1	8,3	3,9	— 1,4	1120
27	23,13	— 2,82	22,3	23,6	+ 2,44	— 0,32	— 3,9	+ 8,0	71	— 8	41	90	0,1	..	SSW. 1	8,2	9	0,0	4,0	— 1,3	1110
28	22,22	— 3,67	19,5	24,3	+ 6,78	+ 3,91	+ 3,6	+11,9	65	—14	43	86	10,6	6	SSW. 2	14,6	8	4,0	4,3	— 1,1	1110
Mois	725,80	— 1,04			— 2,34	— 3,94			81	0						11,59	6,1		3,55	—1,41	1290

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1901

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	721.88	722,01	722,51	723,24	722,66	722 26	722,85	723,05
2e »	29 51	29 27	29,45	29,62	29,04	28,46	28,95	28.96
3e »	26,73	26,35	26,08	26,07	25,21	24,59	24,99	25,31
Mois	25,99	25,84	26,01	26,33	25,66	25,14	25,64	25 81

Température.

	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc.	— 0,68	— 0,80	— 1,14	+ 0,17	+ 2,01	+ 1,42	+ 0,36	— 0,16
2e »	— 6 41	— 6,69	— 7,11	— 5,09	— 2,60	— 2,30	— 3 52	— 5,01
3e »	— 5,74	— 6,59	— 6,75	— 1,76	+ 1,67	+ 2,49	+ 0,44	— 2,46
Mois	— 4,17	— 4,56	— 4,87	— 2,26	+ 0,27	+ 0,40	— 1,01	— 2,55

Fraction de saturation en %.

1re décade	91	91	92	84	72	77	83	87
2e »	88	88	87	74	73	79	79	85
3e »	86	87	89	74	61	63	75	82
Mois	88	89	90	78	69	74	79	85

	Therm. min.	Therm. max.	Temp. du Rhône.	Nébulosité moyenne.	Insolation. Durée en heures.	Chemin parcouru p. le vent.	Eau de pluie ou de neige.	Limni-mètre
	0	0	0		h.	kil. p. h.	mm	
1re déc.	— 2.06	+ 3,35	+ 4,76	8,4	17,5	13,25	16,0	1409
2e »	— 8,35	— 1,26	+ 2,78	5,3	48,2	14,75	3,3	1295
3e »	— 7,84	+ 3,52	+ 3,16	4,0	41,5	5,56	10,7	1137
Mois	— 5,96	+ 1,75	+ 3,55	6,1	107,2	11,59	30,0	1290

Dans ce mois l'air a été calme 26,8 fois sur 100.

Le rapport des vents du NNE. à ceux du SSW. a été 3 09.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 20°,6 E. et son intensité est égale à 55,6 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE FÉVRIER 1901.

Le 1er, très fort vent pendant tout le jour; brouillard à 10 h., à 1 h. et depuis 9 h. du soir; neige à 4 h. et à 7 h. du soir.

2, neige à 7 h. et à 10 h. du matin; très forte bise le matin jusqu'à 1 h. du soir; brouillard à 1 h. du soir.

3, neige à 10 h. du matin; fort vent à 10 h. du matin et depuis 9 h. du soir.

4, neige à 7 h. du matin, à 4 h. et à 9 h. du soir; brouillard à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir; fort vent depuis 7 h. du soir.

5, neige à 7 h. du matin et depuis 1 h. du soir; brouillard à 10 h. du matin; fort vent depuis 1 h. du soir.

7, neige à 7 h. du soir; brouillard et forte bise depuis 9 h. du soir.

8, forte bise et brouillard à 7 h. du matin

11, forte bise depuis 7 h. du soir.

12, brouillard à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

13, brouillard de 10 h. du matin à 4 h. du soir et depuis 9 h. du soir; neige à 7 h. du soir.

14, forte bise à 7 h. et à 9 h. du soir.

16, très forte bise et brouillard depuis 4 h. du soir.

17, forte bise depuis 10 h. du matin; neige à 7 h. du matin et à 4 h. du soir; brouillard à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

18, très forte bise depuis 4 h. du soir; neige à 7 h. du soir; brouillard depuis 9 h. du soir.

19, forte bise depuis 4 h. du soir et brouillard depuis 7 h. du soir.

25, forte bise à 7 h. du matin.

26, fort vent depuis 7 h. du soir.

27, fort vent jusqu'à 10 h. du matin; brouillard à 7 h. du soir.

28, neige dans la nuit; brouillard et fort vent depuis 9 h. du soir.

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux suivants.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 10 h. matin	557,7	Le 2 à 4 h. matin	550,3
7 à 1 h. soir	56,9	5 à 7 h. soir	48,3
10 à 10 h. matin	63,6	12 à 1 h. soir	55,6
16 à 10 h. matin	59,5	18 à minuit	54,0
23 à minuit	61,0	25 à 7 h. matin	56,2

SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1904

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum. observé au barographe	Baromètre. Maximum. observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum absolu.	Température C. Maximum absolu.	Fraction de saturation moyenne	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°		cm	mm.			
1	555,66	— 4,79	554,9	557,7	—14,97	— 5,90	—17,1	—10,7	64	24	10,5	SW.	3	9
2	51,75	— 8,67	50,3	53,9	—15,32	— 6,26	—15,6	—12,0	78	8	4,0	NE.	2	6
3	54,17	— 6,21	54,0	54,5	—14,22	— 5,17	—15,9	—10,4	76	3	2,5	SW.	1	6
4	53,08	— 7,26	52,3	53,9	—13,37	— 4,33	—15,0	—11,0	85	25	9,0	SW.	1	10
5	49,62	—10,68	48,3	52,0	—12,32	— 3,29	—13,4	— 9,3	87	13	7,0	SW.	2	10
6	51,75	— 8,52	49,9	54,5	—15,46	— 6,14	—17,1	—10,6	83	....	.....	SW.	1	2
7	56,00	— 4,23	55,0	56,9	—16,01	— 7,00	—17,3	—11,7	79	2	1,0	SW.	1	4
8	58,17	— 2,03	56,0	60,5	—16,22	— 7,23	—17,3	—12,4	85	.....	.....	NE.	1	4
9	62,16	+ 1,99	60,5	63,1	—14,29	— 5,32	—19,2	—10,5	48	.....	.....	NE.	1	0
10	63,37	+ 3,23	63,0	63,6	—11,76	— 2,81	—13,7	— 8,4	42	.....	.....	NE.	1	0
11	60,41	+ 0,31	57,6	63,0	—13,92	— 4,99	—17,2	—10,1	72	.....	.....	NE.	1	0
12	56,11	— 3,96	55,6	57,5	—19,17	—10,26	—20,7	—14,9	88	.....	.....	NE.	1	6
13	56,15	— 3,89	56,0	56,4	—20,02	—11,14	—22,1	—17,6	85	14	8,0	NE.	1	10
14	56,29	— 3,72	56,0	56,6	—21,96	—13,11	—22,5	—17,2	85	....	.....	NE.	1	1
15	56,66	— 3,32	56,0	57,6	—23,77	—14,95	—26,4	—20,1	73	....	.....	NE.	1	0
16	58,65	— 1,30	57,8	59,5	—19,89	—11,10	—23,8	—16,7	55	4	2,5	NE.	2	5
17	56,17	— 3,75	54,0	58,5	—16,01	7,25	—17,2	—12,6	87	9	4,0	NE.	2	9
18	55,31	— 4,58	54,0	56,2	—18,12	— 9,39	—19,3	—12,7	79	5	2,0	NE.	2	4
19	55,85	— 4,02	55,6	56,1	—20,62	—11,93	—23,4	—16,8	85	2	1,0	NE.	2	5
20	55,48	— 4,37	55,0	56,0	—20,44	—11,79	—21,7	—16,0	76	....	....	NE.	1	1
21	56,93	— 2,90	55,8	58,4	—15,72	— 7,11	—21,5	—10,3	40	.....	....	NE.	1	0
22	59,50	— 0,31	58,4	60,9	—14,87	— 6,30	—16,4	—11,5	43	.....	.....	var.		0
23	60,45	+ 0,66	60,0	61,0	—12,97	— 4,44	—17,1	— 8,7	28	.....	.....	var.		0
24	58,53	— 1,24	57,0	60,2	—11,02	— 2,53	—13,6	— 8,1	36	.....	.....	NE.	1	2
25	56,94	— 2,81	56,2	58,2	— 8,34	+ 0,10	—13,8	— 5,5	54	.....	.....	NE.	1	1
26	58,86	— 0,87	58,4	59,3	—10,04	— 1,65	—10,9	— 6,8	78	.....	.....	SW.	1	0
27	59,29	— 0,42	58,9	59,6	— 9,07	— 0,73	—12,1	— 5,4	76	.....	.....	SW.	1	4
28	58,97	— 0,73	58,5	59,4	— 8,22	+ 0,07	—10,0	— 4,8	83	5	3,0	SW.	1	4
Mois	556,87	— 3,37			—15,28	— 6,67			70					3,7

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1901.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade..	555,12	555,14	555,36	555,71	555,70	555,78	555,82	555,95
2e » ...	57,08	56,95	56,70	56,86	56,67	56,41	56,53	56,47
3e » ...	58,59	58,54	58,43	58,69	58,66	58,59	58,89	59,08
Mois	56,81	56,79	56,71	56,97	56,89	56,81	56,95	57,03

Température.

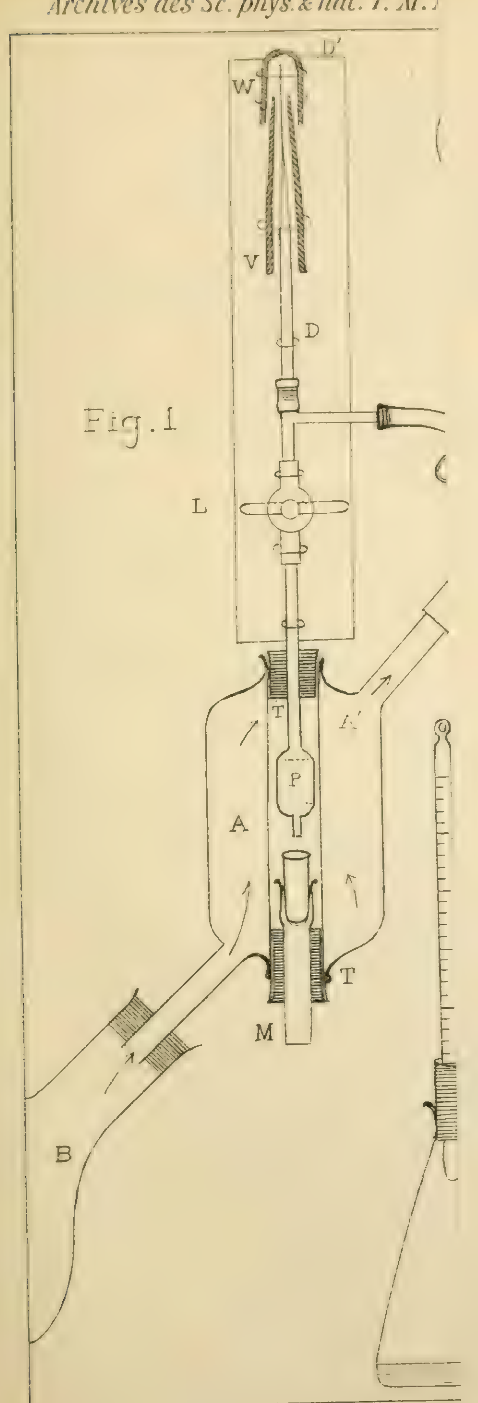
	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Min. obs	Max. obs
	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc	−14,74	−13,52	−11,95	−13,15	−14,09	−14,30	−16,16	−10,70
2e » .	−19,90	−17,86	−16,86	−17,65	−19,41	−20,24	−21,43	−15,47
3e » .	−13,04	−10,11	− 8,04	−10,07	−10,64	−11,36	−14,42	− 7,64
Mois.	−16,10	−14,10	−12,59	−13,88	−15,00	−15,58	−17,55	−11,53

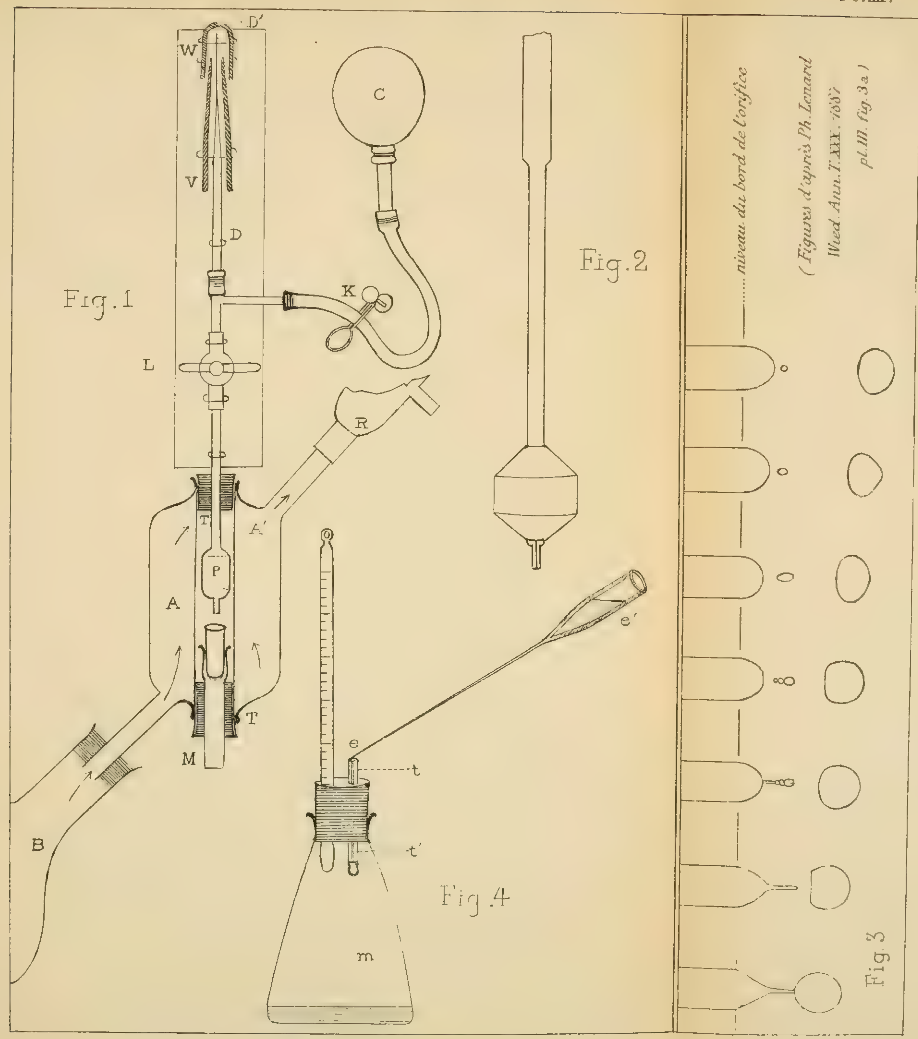
	Fraction de saturation en %.			Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige.
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.		mm	cm
1re décade ...	76	72	71	5,1	34,0	75
2e » ...	76	76	85	4,2	17,5	34
3e » ...	52	50	62	1,3	3,0	5
Mois	69	67	73	3,7	54,5	114

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SW a été 1,74.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 35,1 sur 100.


D'
W
V
D
Fig. 1
L
T
A'
P
A
T
M
B


D'
W
V
D
Fig. 1
K
C
L
R
T
A'
P
A
T
M
B
Fig. 2
e'
e
t
t'
Fig. 4
m
niveau du bord de l'orifice
(Figures d'après Ph. Lenard Wied. Ann. T. XXX. 1887 pl. III. fig. 3a)
Fig. 3

QUELQUES EXPÉRIENCES

SUR LA

DÉCHARGE ÉLECTRIQUE DANS LES GAZ

PAR

A. GARBASSO

à Turin

(Suite et fin[1].)

---

§ 7. La désagrégation de la catode dans les gaz est connue depuis longtemps[2] ; mais il y a deux ans à peine que MM. *Bredig* et *Haber* ont montré que les mêmes faits peuvent aussi se produire au sein des liquides[3]. Ces savants trouvent, par des expériences très élégantes, que dans les électrolytes, lorsque certaines conditions sont remplies, on rencontre aux environs du pôle négatif des parcelles menues du métal qui forme la catode.

Sans doute il peut se produire au sein des liquides des actions chimiques secondaires qui altèrent en quelque mesure le phénomène, mais on est conduit quand même à deux lois générales.

[1] Voir *Archives*, t. XI, mars 1901, p. 282.

[2] Cfr. p. e. *G. Wiedemann.* « Die Lehre von der Elektricität », IV, (I), 541.

[3] *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft* XXXI, 2741, 1898.

Il faut en premier lieu que la différence de potentiel monte au delà d'une valeur déterminée afin que le phénomène se manifeste; secondement, la densité du flux à la catode doit aussi dépasser une certaine limite.

Comme, pour des raisons que je vais indiquer au cours de ce mémoire, il me fallait étudier l'évaporation du mercure dans les tubes de *Geissler*, je cherchai en passant si ces lois conservaient leur valeur pour les décharges électriques des gaz. J'examinai avant tout la manière dont se comportent les différents métaux, afin de choisir pour les expériences définitives le plus convenable d'entre eux.

Je trouvai de la sorte que l'aluminium, ce qui était du reste bien connu, ne se disperse presque pas, le fer très peu, l'or et l'argent un peu plus, le cuivre, le platine et le palladium beaucoup, le bismuth enfin excessivement [1]. Aussi employai-je ce métal tout seul pour les expériences que je vais décrire.

Comme le bismuth, à cause de sa structure cristalline, est très fragile, il n'est pas possible de le tirer en fils un peu fins, toutefois on peut aisément jeter au moule des petits cylindres d'un millimètre de diamètre et quelques centimètres de long. A cet effet on fait fondre dans un creuset quelques grammes du métal, et on en aspire un peu par un tube de verre, dont l'extrémité a été au préalable étirée au chalumau. Il faut employer du bon verre pesant, et étirer la pointe de manière que les parois en soient très minces; alors, comme le bismuth se dilate en se refroidissant, ces parois se fen-

[1] Je plaçais les fils conducteurs dans des tubes à air raréfié: le fer seulement dans l'azote sec.

dillent finement et il est très aisé de les éloigner. Je liais les cylindres de bismuth par des fils très fins de platine à de gros fils du même métal ou de cuivre, qu'on fixait aux tubes.

Par l'emploi d'électrodes de cette sorte on peut vérifier d'abord la première loi de *Bredig* et *Haber*. La disposition de l'expérience est excessivement simple. Il s'agit en effet d'un tube en forme de T, qui par son milieu est relié à la pompe tandis qu'il porte les électrodes aux extrémités opposées. On obtient une clôture hermétique en fixant les fils par de petits bouchons qu'on introduit dans le tube et sur lesquels on verse un peu de cire à cacheter fondue.

Alors que, par l'action de la pompe, la pression est arrivée à un centimètre de mercure environ on peut relier les électrodes aux pôles de la bobine et exciter la décharge. Mais dans ces conditions, même si l'on prolongeait des heures durant le flux de l'électricité, on ne pourrait cependant obtenir la moindre trace d'un dépôt métallique sur les parois du tube.

Il faut au contraire pousser toujours plus en avant la raréfaction ; alors, à un moment donné, la catode commence à se disperser, et le tube se recouvre très vite d'un voile bien poli de bismuth, qui a par transparence une belle couleur vert-olive, jusqu'à ce que son épaisseur soit devenue trop grande.

C'est au moment même où ce phénomène se produit que les rayons cathodiques et la fluorescence, aux parois voisines de l'électrode négative, commencent à se montrer.

§ 8. La seconde loi de *Bredig* et *Haber*, d'après

laquelle la dispersion de la catode est plus sensible alors que la densité du courant à sa surface est plus grande, peut aussi se vérifier aisément par l'emploi de cylindres de bismuth. Il faut naturellement un appareil un peu plus compliqué. Une cloche en verre K, large à sa base de cinq centimètres et haute de dix, est fermée par un bouchon que traversent deux tuyaux (fig. 2).

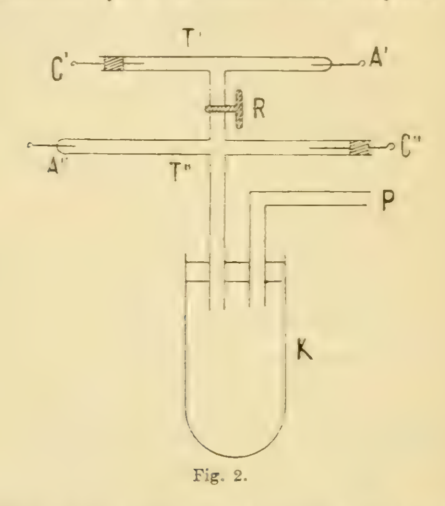


Fig. 2.

L'un d'eux se prolonge en forme d'un double T et l'autre (P) fait communiquer la cloche avec la pompe à mercure; j'assurais la clôture hermétique par de la cire à cacheter, de la manière que je viens de décrire[1].

[1] Il faut observer là-dessus qu'il ne convient pas de fondre à part la cire à cacheter pour la verser ensuite sur le bouchon, car on n'obtient pas de la sorte un bon contact aux parois du tube. Je procédais ordinairement d'une autre manière. Je posais sur le bouchon de petits morceaux de mon mastic, et, les chauffant par la flamme obscure d'un bec *Bunsen*, je les faisais fondre en place.

Naturellement il faut toujours déplacer rapidement la flamme, afin de ne pas faire sauter le tube; on y parvient sans difficulté, avec un peu de temps et beaucoup de patience.

Les tubes T′, T″ portent aux extrémités une électrode de platine (A′, A″) et une électrode de bismuth ; or les deux fils de platine sont de même longueur, mais les cylindres de bismuth non pas. C″ a quatre centimètres de long alors que C′ mesure à peine quelques millimètres. Les deux tubes T′, T″ enfin sont de telles dimensions que les pointes opposées des électrodes se trouvent à la même distance de part et d'autre [1].

Il y a encore en R un robinet, qui nous donne le moyen de mettre T′ en communication avec la pompe ou de l'isoler. Pour en venir à l'expérience, on commence par ouvrir R et abaisser la pression dans l'appareil ; par des décharges, qu'on fait passer de temps en temps entre A′ et A″, il est aisé de déterminer le moment où la raréfaction arrive à une valeur convenable.

Alors on ferme le robinet [2] et on rattache les électrodes aux pôles de la bobine, de manière à conduire la décharge du pôle positif à A′, de C′ à A″, et de A″ au pôle négatif. Dans ces conditions, si la bobine marche, on a en A′ et A″ des anodes et en C′ et C″ des catodes, et la pression, l'intensité du courant et la chute du potentiel sont exactement les mêmes dans les deux tubes T′ et T″.

L'expérience nous apprend qu'il se forme en peu de moments un anneau métallique aux parois du tube près de C′, alors que le tuyau T″ reste transparent aux environs de C″ pendant un temps assez long.

[1] C'était dans mon appareil une distance de onze centimètres environ.

[2] Si le robinet n'était pas fermé, la décharge passerait presque exclusivement de A′ à C″ par R, ce qui entraverait la bonne réussite de l'expérience.

Ainsi donc, pour les décharges des gaz, aussi bien que dans les électrolytes, c'est la densité du courant qui importe.

Je n'ai pas poussé plus en avant ces recherches qui, bien que propres à montrer les analogies des phénomènes au sein des liquides et des solutions salines, n'avait pas beaucoup d'intérêt pour le but que je me proposais.

§ 9. J'étudiai au contraire avec quelques soins la désagrégation des électrodes de mercure, ou, pour mieux dire, l'évaporation abondante que ce métal subit, alors qu'on en porte une goutte dans un tube de *Geissler* au contact des électrodes et de la catode en particulier.

Le phénomène a quelque importance, à mon avis : il forme en réalité un exemple nouveau du procès dont je viens de parler au quatrième paragraphe[1]. C'est par hasard que je m'en suis aperçu d'abord. Comme j'avais attaché à la pompe un tube, qui avait pour électrodes un fil de platine et un cylindre de bismuth, et qu'il me fallait déterminer le degré de la raréfaction, sans toucher au bismuth, je fis passer la décharge du platine au mercure, qui constituait la cloison barométrique de la machine.

Au commencement l'étincelle avait tout du long la couleur de pourpre caractéristique de l'azote, mais ensuite, le mercure formant la catode, elle commença

[1] Pour des recherches qui ont quelque analogie avec les expériences que je vais décrire, cfr. un mémoire de *E. Wiedemann* dans *Wied. Ann.*, V, 500, 1878.

à s'éclaircir. Ce fut d'abord au voisinage de la pompe et peu à peu dans les régions plus éloignées jusqu'au tube, de manière que la décharge toute entière finit par présenter une teinte verdâtre très vive, dont le spectre montrait presque seules deux raies brillantes du mercure.

Sans doute l'azote restait dans le tube, mais cependant l'analyse spectrale ne suffisait pas à en reconnaître l'existence.

Aussi je pensais qu'il valait bien la peine d'étudier un peu de près ce phénomène, d'autant plus qu'il y avait là peut-être la clef de quelques causes d'erreur, dont étaient entachées les expériences, que je vais décrire aux prochains paragraphes.

J'employai d'abord l'appareil très simple que représente la figure 3. C'est un tube à T, dont les bras T′, T″ sont repliés à angle droit, il communique par P avec la pompe. Le tuyau T′ est long (35 cm.) et capillaire, l'autre, T″, large et court (15 cm.), est fermé par une bulle; il y a des électrodes de platine aux deux extrémités. La bulle renferme encore quelques gouttes de mercure, dont le niveau surpasse la pointe du fil.

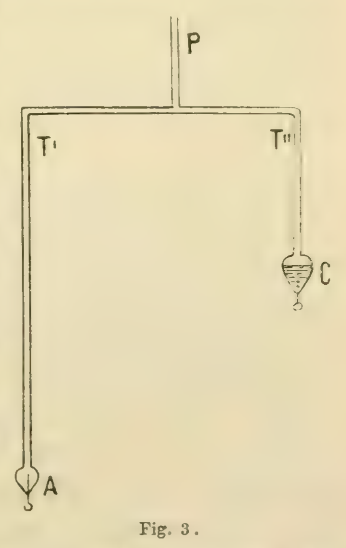


Fig. 3.

Si l'on pratique dans ce tube un vide modéré[1], et fait

[1] Il faut arrêter la machine avant que la fluorescence se montre aux parois du tube.

passer les décharges, choisissant le mercure comme anode, l'examen spectroscopique de la lumière au capillaire décèle les bandes de l'azote en même temps que quelques raies très pâles du mercure.

Mais, si l'on change la direction du flux, les rapports d'intensité vont changer aussi ; les bandes de l'azote s'effacent peu à peu tandis que les raies du mercure deviennent très brillantes. L'observation gagne en évidence par cet heureux hasard que les raies plus remarquables du spectre du mercure (div. 42,5 et div. 51,8 de mon micromètre) alternent avec deux bandes très nettes de l'azote (div. 46,5 ($= \lambda_x$) et div. 62,5).

La manière dont se comporte la raie λ_x est très intéressante : elle a d'abord bien plus d'éclat que les raies du mercure qui l'entourent, mais à mesure que les décharges passent elle va s'effaçant et les autres paraissent lui ravir sa lumière.

§ 10. Dans l'appareil que je viens de décrire, le phénomène se passe avec une rapidité considérable, surtout si la décharge a quelque intensité. Mais si les électrodes sont séparées par un diaphragme, on l'observe bien plus aisément. J'employais à cet effet la disposition dont la figure 4 donne un schéma.

Dans ce tube le diaphragme se trouve à l'extrémité E du tuyau capillaire AE, tout près du centre de la grande sphère S[1] ; c'est une lame mince de grès, qui a peut-être un millimètre d'épaisseur. La figure suffit pour renseigner sur la disposition de l'appareil, qui ne

[1] Elle a un diamètre de 15 cm.

diffère pas au fond de celui que nous venons d'employer.

Au passage de l'électricité (le mercure formant la catode) on s'aperçoit que la vapeur de ce métal entre très lentement dans le tuyau capillaire, pour y prendre peu à peu la place de l'azote ; dans des conditions favorables, le phénomène a une durée de dix ou même de quinze minutes.

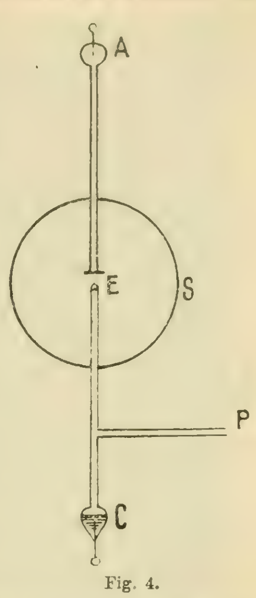


Fig. 4.

L'expérience est encore plus frappante et plus instructive quand le fil de platine qu'on emploie (en A) a absorbé un peu d'hydrogène ; si on choisit ce fil comme catode, l'hydrogène en sort, il remplit le capillaire, qui prend une teinte éclatante de géranium, et donne au spectroscope les raies caractéristiques de ce gaz à la place de celles du mercure.

C'est là un fait analogue de tous points au phénomène que nous venons d'observer, le mercure est remplacé à son tour, comme l'azote l'avait été auparavant.

Mais si on laisse l'appareil se reposer pendant quelque temps l'hydrogène se diffuse à travers le diaphragme, et il n'en reste que des traces dans le capillaire : aussi est-il possible de répéter plusieurs fois cette expérience.

On tire de tout cela deux conclusions intéressantes. Que si l'on cherche d'abord à déceler par l'analyse

spectrale la présence d'un corps dans un tube, il faut s'assurer auparavant qu'aucun gaz n'est là qui soit capable de le masquer; et que, secondement, les diaphragmes de grès ne suffisent pas pour séparer pendant quelque temps des gaz, même s'ils sont raréfiés et que la différence de pression est très faible.

§ 11. Si l'on veut répéter dans des conditions meilleures ces expériences sur l'évaporation du mercure, on peut s'aider d'une propriété que j'ai publiée, il y a deux ans, dans le *Nuovo Cimento*[1]. D'après mes observations, les décharges passent par de petites fêlures, pratiquées dans les parois des tubes de verre, alors que ces mêmes tubes sont susceptibles de supporter, de part et d'autre, des différences de pression de 60 centimètres de mercure et davantage.

On obtient des résultats parfaitement satisfaisants par la disposition que je vais décrire.

Deux clochettes K′, K″ (fig. 5) fermées, comme toujours, par des bouchons et de la cire à cacheter, pourvues de capillaires et de bulles avec des électrodes en platine (C′, A″), communiquent entre elles par trois voies différentes.

Il y a d'abord un tuyau tout droit, T, avec un diamètre de 7 millimètres et une longueur de 75 centimètres. Ce tuyau s'ouvre librement dans la clochette inférieure, mais en haut il est fermé à la lampe, et sillonné par nombre de fêlures très fines[2].

On va aussi de K′ à K″ par le tube R, qui tourne

[1] (4), VIII, 265, 1898.

[2] On obtient ces fêlures en mouillant par quelques gouttes d'eau les tubes, aussitôt fermés à la lampe.

quatre fois à angle droit, et porte un robinet à son point de milieu.

Enfin, par le tuyau SI et la clef S, les deux cloches peuvent communiquer, chacune à son tour, avec un gazomètre.

Il y a encore deux tubes qui entrent à travers le bouchon dans la clochette K', l'un d'eux (P) va s'attacher à la pompe ; l'autre est capillaire et porte une bulle et une électrode (A') à son extrémité. De même on trouve un capillaire porte-électrode (C'') en K'', et à côté de celui-ci, un long tuyau qui se prolonge en bas, en forme de cornue (B). Pour monter l'appareil, on commence par introduire en B de petits morceaux de soufre, on ferme par le bouchon la cloche K''; et on verse dans la bulle de K' quelques gouttes de mercure jusqu'à ce que l'électrode soit recouverte. Après quoi cette cloche est fermée à son tour.

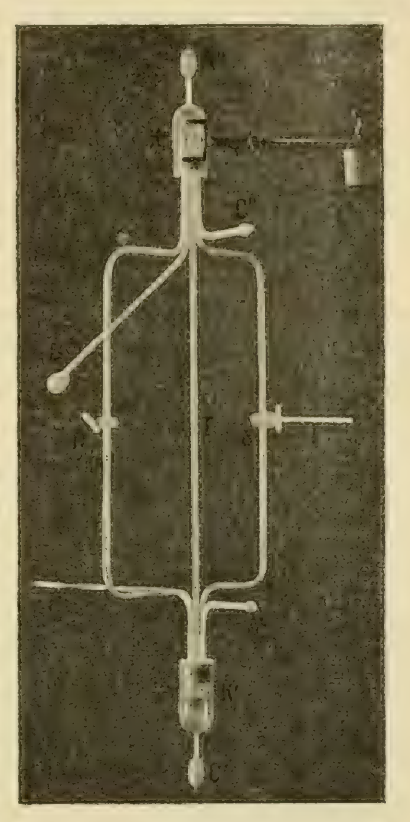


Fig. 5.

Ensuite, on attache P à la pompe et I au gazomè-

tre, et on tourne la clef S de manière à isoler de ce dernier aussi bien K′ que K″; enfin la communication est ouverte en R entre les deux cloches, et l'air est raréfié par l'action de la pompe.

Comme un vide élevé vient de se produire, on chauffe le soufre en B, pour en dégager l'air, qu'il tient presque toujours enfermé ; on aspire à nouveau, et on fait entrer le gaz, au sein duquel vont se passer les phénomènes. Dans mes expériences, c'était le plus souvent de l'azote bien sec.

A ce moment, la clef est fermée, de manière à séparer les deux cloches du gazomètre, la pression est abaissée encore une fois, et l'appareil isolé de la pompe. On tourne enfin le robinet R, aussi K′ et K″ ne communiquent-elles plus que par les fêlures du tube T [1].

Dans ces conditions, les décharges de A′ à C′ accusent presque seules les raies du mercure, alors que pour des étincelles de A″ à C″ ce sont les bandes de l'azote qui se montrent. Mais l'on peut choisir les électrodes d'une autre manière, en prenant C′ pour catode et A″ pour anode ; on voit alors le tube T devenir lumineux tout du long, et sa couleur tourner du pourpre au verdâtre. Aussi, après quelques minutes, les raies du mercure apparaissent au capillaire, qui porte la bulle de K″.

Maintenant l'appareil est laissé en repos pendant quelque temps, et l'on chauffe le souffre en B. On retrouve de cette manière les conditions initiales, et

[1] La clôture est de la sorte excessivement bonne ; on peut quelquefois faire rentrer l'air dans la cloche d'en haut, sans que le caractère des décharges change entre A′ et C′. Même après 15 ou 20 heures, l'équilibre n'est pas toujours rétabli.

l'expérience peut se répéter un grand nombre de fois.

§ 12. J'ai essayé aussi l'étude de l'évaporation du mercure dans l'acide chlorhydrique, ce qui n'est pas sans présenter quelque intérêt[1].

MM. *Bredig* et *Haber* affirment que la désagrégation de la catode ne se produit pas dans les solutions acides.

Cependant j'ai trouvé que, bien qu'avec un effet moindre, les phénomènes restaient les mêmes dans l'acide chlorhydrique.

Peut-être le résultat négatif obtenu par les savants allemands tient-il seulement à un défaut de force électromotrice.

§ 13. Je ne connais sur l'électrolyse des gaz aucune recherche ayant un caractère définitif, si ce n'est un mémoire de MM. *Wiedemann* et *Schmidt*[2]; ce travail renferme des données quantitatives. Ces deux savants ont étudié les propriétés de plusieurs substances différentes, mais ils accordent une attention particulière à l'électrolyse de l'acide chlorydrique.

Dans l'appareil qui a servi à leurs recherches, le gaz, en sortant d'une bouteille, où il s'est dégagé, traverse d'abord un tube, avec de la pierre-ponce imbibée d'acide sulfurique, et ensuite un capillaire, dont le rôle est de ralentir la vitesse de l'écoulement.

Il arrive ainsi à l'endroit où la décharge se produit.

[1] J'employais à cet effet une bonne bobine de Carpentier, avec 8 éléments Bunsen.

[2] *Wied. Ann.* LXI, 735, 1897.

Or, des deux côtés, tout près des électrodes, les produits de la décomposition sont entraînés par une aspiration lente et continuelle ; de cette manière on les fait passer par des petites cloches qui renferment du mercure, et c'est là que le chlore, devenu libre, va se fixer.

Les résultats qu'on obtient de la sorte ne s'accordent pas bien avec la loi fondamentale de *Faraday*.

La tabelle suivante donne les détails d'une expérience. Nous désignons par a le poids de l'argent déposé dans un voltamètre à nitrate, qui était inséré dans le circuit, et jouait le rôle d'un Coulombmètre ; par b le poids du chlore qu'on doit s'attendre à voir se dégager à l'anode, d'après la théorie ; par c et d les poids qui se fixent en réalité à l'anode et à la catode ; par e_1 et e_2 les deux rapports $\frac{c}{b}$ et $\frac{c+d}{b}$.

a	b	c	d	e_1	e_2
0.123	0,041	0,013	0,008	0,31	0,53

On déduit de là qu'il se dégage du chlore aussi bien près de la catode qu'à la surface de l'anode et que le poids total qui vient se fixer, est de beaucoup inférieur au poids théorique.

Cependant ces résultats ne renversent pas, ou je me trompe, la théorie qui fait de la conduction dans les gaz un phénomène d'électrolyse.

Même on peut les expliquer aisément d'après les conditions de l'expérience.

D'abord il se peut, en effet, que le chlore dégagé à l'anode, avant d'attaquer le mercure, rentre par diffusion dans le tube. Il viendrait de cette manière se fixer près de la catode ; même il pourrait jouer un nouveau

rôle dans la conduction de l'électricité. Aussi le poids mésuré serait-il inférieur au poids théorique.

§ 14. Malheureusement il ne m'a pas été possible de faire là-dessus des recherches quantitatives, n'ayant pas à ma disposition des forces électromotrices constantes et quelque peu élevées.

Quand même, je cherchais à montrer par des expériences qualitatives que mes doutes étaient bien fondés, et que les résultats de MM. *Wiedemann* et *Schmidt* pouvaient être considérés plutôt comme favorables que contraires à la théorie de l'électrolyse.

L'appareil que j'employais à cette recherche ressemble de tous points à celui que je viens de décrire au onzième paragraphe. Seulement, pour simplifier, c'est dans ce cas par le tuyau R que le système s'attache à la pompe ; et le tube P fait défaut aussi bien que la cornue B et le mercure en C'. Avec cette disposition j'exécutai trois expériences.

1. L'appareil est rempli d'acide chlorhydrique. Les décharges décélent d'abord, et pendant quelques temps, les raies de l'hydrogène aux environ de la catode, tandis qu'à l'anode on aperçoit les bandes du chlore, dans les régions du jaune et du vert, et les raies de l'hydrogène, bien que très pâles.

Plus tard ces raies acquièrent une grande splendeur et sont visibles toutes seules [1].

2. La disposition de l'expérience est la même qu'auparavant, mais le tube T est grand ouvert à son extrémité supérieure. Dans ces conditions les raies de

[1] C'est intéressant de remarquer à ce propos que la raie rouge apparaît en premier lieu, alors que les raies bleues et violettes ne se montrent que plus tard.

l'hydrogène sont prépondérantes dès l'abord, aux environs de l'anode, et bientôt elles restent seules.

Il s'ensuit que, dans l'expérience, que je viens de décrire au numéro 1, il y avait de l'hydrogène libre qui n'avait pas de rôle dans le mécanisme de la conduction.

3. Le tube T est fermé en haut, et pourvu de fêlures, l'appareil renferme de l'ammoniaque.

Dans ce cas on observe à la catode le spectre de l'hydrogène, alors qu'à l'anode les bandes de l'azote sont très vives. Ce n'est que longtemps après que l'hydrogène se montre à ce pôle : mais il y vient plus tard et en moindre quantité que dans l'électrolyse de l'acide chlorhydrique. Ici donc l'hydrogène libre avait le premier rôle, tandis qu'en présence de l'ammoniaque et de l'azote son activité n'est plus prépondérante [1]. C'est un phénomène qu'il faut mettre en relation avec les faits que nous avons constatés au quatrième et au neuvième paragraphe.

Les objections que je viens de faire aux résultats de MM. *Wiedemann* et *Schmidt* sont donc confirmées par les expériences.

§ 15. Aussi il se peut bien que la conduction de l'électricité dans les gaz soit un phénomène d'électrolyse, même c'est là une chose très probable : seulement il s'agirait d'un procès plus compliqué que ceux que nous avons l'habitude d'observer au sein des solutions salines.

Turin, décembre 1900.

[1] Il va sans dire qu'on doit employer à ces expériences des électrodes qui n'ayent pas absorbé d'hydrogène.

ÉTUDE CRITIQUE

SUR

L'EMPLOI DU COMPTE-GOUTTES

POUR

LA MESURE DES TENSIONS SUPERFICIELLES

PAR

Ph.-A. GUYE et F.-Louis PERROT

(*Suite et fin* [1]).

Deuxième série de recherches.

Afin d'augmenter la comparabilité des mesures, les observations qui font l'objet de cette deuxième série ont été faites, d'abord en tenant compte de la *durée de formation d'une goutte* et en outre en opérant presqu'exclusivement sur des échantillons de liquides étudiés dans ce laboratoire par la méthode des ascensions capillaires dans le vide (pour trois liquides seulement nous avons admis les valeurs de γ trouvées par M. Ramsay et M[lle] Aston). Enfin, au lieu de prendre le poids des gouttes, nous avons déterminé pour chaque liquide le *nombre* des gouttes fournies par un volume c de liquide, constant

[1] Voir *Archives*, t. XI; mars 1901, p. 225.

pour tous. Ce procédé, rappelons-le, a été employé par plusieurs des auteurs cités plus haut, entre autres par M. Duclaux et par MM. E. Wiedemann et Ebert.

Si d et d' sont les densités de deux corps, p et p' les poids d'une de leurs gouttes, n et n' les nombres de gouttes pour chacun d'eux fournis par le volume c, on a que

$$p = \frac{c\,d}{n} \quad p' = \frac{c\,d'}{n'} \quad \frac{p'}{p} = \frac{d'n}{d\,n'}$$

Or, si la loi de proportionnalité des tensions superficielles aux poids est juste, on doit avoir :

$$\frac{\gamma'}{\gamma} = \frac{p'}{p} = \frac{d'n}{dn'}$$

d'où

$$\frac{n'}{n} = \frac{\gamma d'}{\gamma' d}$$

et enfin :

$$\frac{n'}{n} = \frac{d'}{\gamma'} : \frac{d}{\gamma} = \mathrm{R}$$

Il y aura donc lieu de faire le rapport entre les nombres de gouttes observés des divers liquides d'une part, de calculer le rapport des quotients de la tension superficielle par la densité d'autre part, et de constater si oui ou non ces deux rapports sont égaux.

Qu'ils fussent égaux, tels quels, les résultats de la première série de recherches rendaient la chose incertaine, mais nous avons pensé qu'en tenant compte de la durée d'écoulement, ou plus exactement du temps qui sépare la chute de deux gouttes successives (*durée de formation d'une goutte*), on pourrait introduire un facteur de correction qui rétablirait l'égalité des deux

rapports. Les résultats satisfaisants qu'a obtenus M. Forch pour diverses solutions aqueuses au moyen d'une correction semblable étaient faits pour nous confirmer dans cette idée.

Nous avons donc eu à mesurer les durées de formation en même temps que le nombre des gouttes fournies par les divers liquides avec une même pipette.

Le dispositif expérimental décrit pages 254 et suiv., a été un peu simplifié. L'orifice de la pipette a été choisi suffisamment étroit pour permettre la suppression du capillaire de rentrée d'air. L'étuve a été agrandie de façon à pouvoir y loger une pipette plus grosse. Celle que nous avons employée etait formée d'un cylindre court terminé en haut et en bas par deux cônes. Elle jaugeait 1,52 cc à 15°, depuis le trait de jauge supérieur jusqu'à l'extrémité du tube d'écoulement. L'orifice était capillaire et le diamètre extérieur du tube d'écoulement mesurait $2^{mm},0$. Ce tube faisait saillie de $6^{mm},0$ au dessous du sommet du cône inférieur. (Voir Pl. IV, fig. 2.)

On comptait les gouttes de la manière suivante :

La pipette était remplie jusqu'à un ou deux centimètres au dessus du trait de jauge situé au sommet du cône supérieur, puis introduite dans l'étuve. Après que l'équilibre de température était atteint, on ouvrait le robinet au dessus de la pipette. Le niveau baissait et à l'instant où il franchissait le trait supérieur on déclanchait un chronographe inscripteur et on comptait les gouttes. Toutes les 20 gouttes on imprimait un point sous l'aiguille du chronographe, jusqu'à ce que l'écoulement eut amené le niveau vers le sommet du cône inférieur. A ce moment on cessait de marquer les temps

devenus très lents, et on comptait seulement les gouttes en faisant au besoin sortir la dernière[1] par une légère insufflation d'air avec la poire.

Pour chaque liquide, le nombre de gouttes était compté 3 à 4 fois. Les résultats étaient en général très concordants. Pour certains liquides s'écoulant très vite, on a dû faire porter la moyenne sur plus de quatre opérations.

L'adhésion du liquide contre les parois lorsque le niveau se rapproche du sommet du cône inférieur, cause un tel ralentissement que les temps qui séparent les gouttes n'ont plus de signification. Aussi avons nous déduit des pointages chronographiques le temps que met pour s'écouler le 50 % médian du nombre total des gouttes de chaque liquide, en laissant de côté le premier quart de ce nombre; par exemple, si un liquide fournit 100 gouttes entre les deux traits de jauge, on calcule par interpolation ce temps entre la chute de la 25me et celle de la 75me goutte. Si le liquide fournit 120 gouttes, on calcule le temps entre la 30me et la 90me, etc. Ce système a l'avantage de rapporter la mesure des durées de formation à un volume des divers liquides compris entre deux niveaux toujours les mêmes. En divisant ces durées par le 50 % du nombre des gouttes, on obtient le temps moyen qui sépare la chute de 2 gouttes successives lorsque le niveau du liquide est au milieu de la pipette (= temps entre deux gouttes *médianes*).

Cette série d'expériences semble offrir plus de garanties que la première au point de vue de la compa-

[1] Dernière goutte ou *fraction* de goutte.

rabilité des résultats d'un liquide à un autre. Elle procure en même temps des données sur les durées de formation des gouttes.

Avant de reproduire le tableau général des résultats obtenus, nous transcrivons ci-dessous, à titre d'exemples, les chiffres détaillés des mesures relatives à deux corps, l'un à écoulement rapide (benzène), l'autre à écoulement lent (métacrésol).

Benzène

	1re expér. ″	2me expér. ″	3me expér. ″
La 20me goutte est tombée au bout de	6.2	6.0	7.0
40me »	13.8	12.8	14.6
60me »	21.2	19.9	22.0
80me »	29.0	27.0	29.0
100me »	37.2	35.5	37.4
120me »	47.0	45.0	46.7
La dernière goutte est la	130me	132me	131me

Moyenne du nombre de gouttes : 131.

Le 50 % médian, obtenu par interpolation des résultats des trois expériences, est compris entre la 32me,7 et la 98me,3 goutte, et le temps mis par ce 50 % est de 25″ pour 65,6 gouttes, ce qui fait pour le temps qui sépare deux gouttes médianes : 0″,381.

Crésol.

	1re expér. ″	2me expér. ″
La 20me goutte est tombée au bout de	35.0	34.6
40me » »	74.0	74.0
60me » »	112.0	116.2
80me » »	166.0	165.3
100me » »	228.0	227.0
110me » »	267.0	—
La dernière goutte est la	118me,75	118me,8

Moyenne du nombre des gouttes : 118.8

Le 50 % médian est compris entre la 29me,7 et la 89me1, et le temps mis par ce 50 % pour s'écouler est de 140″,0, pour 59,4 gouttes; ce qui fait, pour le temps qui sépare deux gouttes médianes 2″,358 [1].

Les gouttes se succédent assez rapidement pour que l'évaporation ne puisse pas avoir d'influence sur le nombre des gouttes, en diminuant le volume total du liquide disponible pour leur formation. En outre l'espace confiné qui entoure l'orifice d'écoulement se sature de vapeur bien avant que l'on commence à compter les gouttes, à savoir pendant le chauffage de la pipette

Quelques explications sont nécessaires au sujet du tableau V ci-après, résumant nos mesures

Dans la première colonne sont les noms des substances soumises aux expériences.

Dans la deuxième, sont les températures (t) des expériences sur les gouttes.

Dans la troisième figurent les nombres (n') de gouttes fournies par la pipette.

Dans les 4me et 5me colonnes on a inscrit les tensions superficielles (γ') trouvées pour la plupart dans ce labo-

[1] Pour des recherches ultérieures il serait probablement plus simple de compter dans une première expérience le nombre des gouttes issues de la pipette, puis de prendre le $^1/_4$ et les $^3/_4$ de ce nombre pour déterminer à partir de quelles gouttes commence et finit le 50 % médian. Une seconde expérience à l'aide du chronographe permettrait de fixer directement la durée totale d'écoulement de ce 50 % médian.

ratoire[1] par la méthode de MM. Ramsay et Shields, et les densités fournies par les mêmes travaux. Ces valeurs sont ramenées les unes et les autres aux températures t. Pour les corps dont les noms sont accompagnés d'un astérisque, les constantes γ' ont été mesurées sur les échantillons même utilisés pour les expériences par gouttes.

La 6me colonne donne le rapport $\frac{d'}{\gamma'}$ pour chaque corps; pour éviter les zèros, on a multiplié ce rapport par 10^4.

Dans la 7me sont rangés par ordre croissant les rapports $\frac{n'}{n}$, le nombre de gouttes n de la diméthylaniline étant pris pour unité.

La 8me colonne renferme les rapports $R = \frac{d'}{\gamma'} : \frac{d}{\gamma}$ d et γ se rapportant au liquide type (diméthylaniline) et les lettres affectées du signe prime (′) aux autres liquides.

La 9me colonne renferme les durées de formation des gouttes exprimées par le temps qui s'écoule entre 2 gouttes médianes (τ). (Voir plus haut.)

La 10me colonne donne les valeurs des tensions superficielles Γ calculés par une formule dont il sera parlé plus loin, et la 11me colonne les écarts $\Gamma - \gamma'$ entre ces valeurs et celles fournies par la méthode des ascensions capillaires.

[1] Pour l'isobutyrate de méthyle, voir W. Ramsay et E. Aston, *Zeitschrift für Physik. Chemie*, XV, 1. p. 104 (1894); pour la pipéridine et le benzène, voir W. Ramsay et E. Aston, *Zeitschrift*, etc., XV, 1, p. 91 (1894). Les autres tensions et densités sont tirées du mémoire de MM. Dutoit et Friderich (loc. cit.), et d'un travail de MM. P.-A. Guye et A. Baud qui paraîtra prochainement dans ces *Archives*.

TABLEAU V.

	t	n'	γ'	d'	$(d':\gamma').10^4$	$n':n$	R	τ'	Γ	$\Gamma-\gamma'$
	°							"		
* Orthotoluidine........	54.4	102.4	34.01	0.9695	285	0.924	0.973	1.62	34.70	+ 0.69
* Benzophénone........	54.3	104.2	40.15	1.0821	269	0.940	0.918	3.62	38.26	— 1.89
* Benzonitrile..........	54.4	108.6	33.98	0.9731	286	0.980	0.976	1.02	33.70	— 0.28
* Monoéthylaniline......	54.4	108.7	32.06	0.9343	291	0.981	0.993	0.91	32.32	— 0.26
* Acétophénone........	54.4	109.5	34.47	0.9983	290	0.988	0.989	0.81	34.38	— 0.09
* Diméthylaniline.......	54.3	110.8	31.64	0.9276	293	1.000	1.000	0.74	31.64	± 0
* Nitrobenzène.........	54.3	116.1	38.48	1.1686	304	1.047	1.037	0.72	38.23	— 0.25
* Métacrésol...........	54.7	118.8	33.01	1.0062	305	1.072	1.041	2.36	32.17	— 0.84
* Diméthylorthotoluidine	55.0	122.9	27.57	0.8982	326	1.109	1.112	0.64	27.89	+ 0.32
Isobutyrate de méthyle.	54.8	124.0	19.26	0.8491	441	1.118	1.505	0.35	26.55	+ 7.29
Pipéridine............	55.4	124.6	25.32	0.8275	327	1.124	1.116	0.63	25.45	— 0.13
* Phénétol.............	54.7	128.1	28.26	0.9333	330	1.155	1.126	0.51	28.08	— 0.18
* Éthyluréthane........	53.8	129.5	31.33	1.0495	335	1.169	1.143	1.63	31.36	+ 0.03
* Mésitylène...........	54.2	130.0	23.43	0.8303	354	1.173	1.208	0.44	24.66	+ 1.23
Benzène.............	55.2	131.0	23.56	0.8408	356	1.182	1.215	0.38	24.90	+ 1.34
* Valeroxyme..........	53.7	139.9	23.75	0.8620	363	1.263	1.239	0.50	24.26	+ 0.51
* Bromure d'éthylène...	54.3	197	33.05	2.0990	635	1.777	2.167	0.27	47.56	+14.51

Si l'on compare au moyen du tableau V les valeurs de $n' : n$ et de R, on constate que, sans être rigoureusement égales, elles suivent la même allure.

Ceci nous a engagés à appliquer à nos mesures une correction du même genre que celle indiquée déjà par M. Duclaux [1]. Pour la facilité des calculs nous avons adopté la formule suivante :

$$\Gamma = Q \frac{d'}{n'} (1 + \beta) \qquad (a)$$

dans laquelle Q est une constante caractéristique de la pipette employée, dont la valeur numérique est entièrement déterminée par les expériences sur la *diméthylaniline* prise comme liquide type. On a alors :

$$Q = \frac{\gamma \times n}{d} = \frac{31.64 \times 110.8}{0.9276} = 3779$$

Dans ces conditions, les valeurs de Γ données par la relation (a) sont exprimées en dynes.

Quant au terme correctif β, nous en avons fixé les valeurs suivantes, après quelques tâtonnements :

TABLEAU VI

$\frac{n'}{n}$	β
0.90	— 0.04
0.92	— 0.03
0.94	— 0.025
0.96	— 0.01
0.98	— 0.005
1.00	± 0
1.05	+ 0.005
1.10	+ 0.01
1.15	+ 0.02
1.20	+ 0.03
1.25	+ 0.04

[1] Voir numéro de mars, p. 241.

Exemple de calcul :

$$\textit{Benzonitrile} : \frac{n'}{n} = 0.980 ;$$

on prend $\beta = -0.005$ et l'on a

$$\Gamma = \frac{3779 \times 0.9731}{108.6} \times 0.995 = 33.70$$

Les résultats calculés au moyen de la relation (a) ci-dessus sont inscrits au tableau V sous la colonne Γ, et les écarts entre ces valeurs et celles auxquelles conduit la méthode des ascensions capillaires, soit $\Gamma - \gamma'$, font l'objet de la dernière colonne du même tableau. Ces écarts correspondent en moyenne à une différence de $\pm$ 1,7 °/₀ de la valeur absolue de γ'. Seul l'*isobutyrate de méthyle* et le *bromure d'éthylène*[1] donnent lieu à une différence beaucoup plus considérable ; peut-être est-elle attribuable, en partie du moins et pour l'isobutyrate de méthyle seulement, au fait que ce n'est pas le même échantillon qui a servi aux mesures de γ' et de Γ.

Nous nous sommes demandé si les écarts ci-dessus n'étaient pas dans une certaine relation avec les durées de formation τ', des gouttes des divers liquides[2]. Dans ce but, nous avons dressé un tableau (VII) dans lequel

[1] En essayant pour ce dernier corps de prolonger jusqu'à n' : n = 1,8 le tableau de correction (VI).

[2] La durée de formation d'une goutte (τ') n'est point rigoureusement proportionnelle à la vitesse d'écoulement du liquide à l'orifice, ni par conséquent à la viscosité. En effet, τ' est obtenu en divisant la durée d'écoulement d'un volume constant (50 °/₀ médian du contenu de la pipette) par le nombre de gouttes fourni par ce volume. Or, ce nombre varie d'un liquide à l'autre.

Toutefois, étant donné la notion de la durée de formation d'une goutte, soit du temps qui s'écoule entre les chutes de deux gouttes, se retrouve comme terme de comparaison dans la plupart des

les divers corps étudiés sont rangés par valeurs croissantes de τ'. En regard de ces valeurs on a inscrit celles des rapports $\tau' : \tau$ dans lesquels τ représente la durée de formation des gouttes du liquide type (diméthylaniline), et dans une quatrième colonne les écarts $\Gamma - \gamma'$ définis plus haut.

TABLEAU VII.

	τ'	$\tau' : \tau$	$\Gamma - \gamma'$	$c\tau$	Γ_b	$\Gamma_b - \gamma'$
Bromure d'éthylène.	0''.27	0.365	+14.51	—	—	—
Isobutyrate de m. . .	0.35	0.473	+ 7.16	—	—	—
Benzène...........	0.38	0.514	+ 1.34	—1.43	23.47	—0.09
Mésitylène.........	0.44	0.595	+ 1.23	—0.84	23.82	+0.39
Valeroxyme........	0.50	0.675	+ 0.51	—0.61	23.65	—0.10
Phénétol...........	0.51	0.689	— 0.18	—0.58	27.50	—0.76
Pipéridine.........	0.63	0.851	+ 0.13	—0.22	25.23	—0.09
Diméthylorthotol ...	0.64	0.865	+ 0.32	—0.20	27.69	+ 0.12
Nitrobenzène.......	0.72	0.973	— 0.25	—0.04	38.49	—0.29
Diméthylaniline	0.74	1.000	± 0.00	—	—	—
Acétophénone......	0.81	1.094	— 0.09	+0.05	34.43	+0.04
Monoéthylaniline ...	0.91	1.229	— 0.26	+0.14	32.46	—0.40
Benzonitrile........	1.02	1.378	— 0.28	+0.23	33.93	—0.05
Orthotoluidine......	1.62	2.189	+ 0.69	+0.56	35.26	+1.25
Éthyluréthane......	1.63	2.202	+ 0.03	+0.56	31.92	+0.59
Métacrésol.........	2.36	3.189	— 0.84	+0.88	33.05	+0.04
Benzophénone......	3.62	4.892	— 1.89	+1.82	40.08	—0.07

mémoires antérieurs, nous l'avons conservée comme base de notre essai de correction. On peut en effet remarquer que si une durée quelconque exerce une influence sur le poids de la goutte ou sur sa forme, ce peut être tout autant la durée qui sépare les chutes que la vitesse proprement dite dont le liquide est animé à sa sortie de l'orifice de la pipette. Nous nous proposons de revenir sur ces questions dans un mémoire subséquent, tout en faisant remarquer dès maintenant que nous ne sommes pas parvenus à établir un meilleur terme correctif en faisant intervenir les cœfficients de viscosité des liquides au lieu des durées de formation des gouttes.

De l'inspection des nombres consignés dans la troisième et la quatrième colonne résulte ce fait important que les écarts positifs $(\Gamma - \gamma)$ se produisent en majorité lorsque $\tau' : \tau$ est plus petit que 1, et que d'autre part les écarts négatifs se produisent en majorité lorsque ce rapport $\tau' : \tau$ est plus grand que 1. On remarque en outre que c'est lorsque les durées τ' sont très courtes que les écarts sont les plus considérables, ce qui n'a rien de surprenant, la formation de la goutte étant alors accompagnée de phénomènes dynamiques qui cessent d'être négligeables. Lorsque ce rapport $\tau' : \tau$ devient plus petit que 0.5 il en résulte des perturbations dont il est difficile de tenir compte par une formule de correction.

Par contre, pour des valeurs de ce rapport plus grandes que 0.5 on peut introduire dans la formule (a) un terme correctif C_τ dépendant de la durée de formation τ' et dont les valeurs sont données dans le petit tableau suivant :

TABLEAU VIII.

$\tau' : \tau$	C_τ	$\tau' = \tau$	C_τ
5	+ 1.90	1.0	± 0.—
4	+ 1.20	0.8	— 0.30
3	+ 0.80	0.6	— 0.80
2	+ 0.50	0.5	— 1.50
1.5	+ 0.30		

Dans ces conditions la formule (a) ci-dessus peut être remplacée par la suivante :

$$\Gamma_b = Q \frac{d'}{n'} (1 + \beta) + C_\tau \qquad (b)$$

dans laquelle les termes Q et β conservent la même

signification que dans la formule (a) et le terme C_τ est donné par le tableau VIII.

Exemples : *Benzonitrile.* — A la valeur calculée ci-dessus $\gamma' = 33.70$ il faut ajouter la correction correspondant à la valeur de

$$\tau' : \tau = 1.378$$

correction que l'on tire facilement du tableau VIII par interpolation. On trouve $C_\tau = + 0{,}23$. D'où

$$\Gamma_b \text{ calc.} = 33.70 + 0.23 = 33.93$$

qui concorde presque exactement avec la valeur observée $\gamma' = 33.98$. Cette précision doit être considérée comme fortuite. Pour le *phénétol* la valeur fournie par la formule (b) est moins exacte que celle déduite de la formule (a). En effet, on a pour $\tau' : \tau = 0{,}689$ une correction, tirée du tableau VIII, dont la valeur $C_\tau = - 0.58$. D'où Γ_b calc. $= 28.08 - 0.58 = 27.50$ tandis que l'expérience directe donne 28.26.

Pour donner néanmoins une idée de la précision gagnée en faisant intervenir la correction C_τ nous avons inscrit au tableau VII, dans la cinquième colonne, la valeur de cette correction pour chacun des corps, et dans une sixième colonne la valeur calculée de la tension superficielle en tenant compte de C_τ, soit la valeur Γ_b calculée par la formule (b). Dans une septième colonne les différences ($\Gamma_b - \gamma'$) entre ces valeurs calculées et les valeurs observées.

Dans ces vérifications on a laissé de côté les corps pour lesquels $\tau' : \tau$ est plus petit que 0,5, pour les raisons qui ont déjà été indiquées. Sans être parfaites les nouvelles valeurs des tensions superficielles Γ_b se rap-

prochent cependant davantage des valeurs observées. L'écart moyen est de 1 % de la valeur absolue.

Les développements qui précèdent nous amènent ainsi à formuler la règle pratique suivante sur l'emploi de la pipette-compte-gouttes pour déterminer les tensions superficielles :

Etant donné une pipette-compte-gouttes calibrée avec un liquide type (par exemple la diméthylaniline), on peut s'en servir pour déterminer la valeur de la tension superficielle d'un autre liquide au moyen des formules (a) ou (b) ci-dessus, à la condition que le rapport n' : n *soit compris entre 0,9 et 1,3 et que le rapport* $\tau' : \tau$ *soit compris entre 0,5 et 5,0. Dans ces conditions la précision moyenne est de 1 à 2 % sur la valeur absolue de* γ.

Application à la détermination du facteur de polymérisation.

On sait que la détermination de ce facteur x résulte de la connaissance de la tension superficielle à deux températures différentes t et t_1. Ces deux tensions servent à calculer le coefficient de température K.

$$K = \frac{\gamma_1 (Mv_1)^{\frac{2}{3}} - \gamma (Mv)^{\frac{2}{3}}}{t - t_1}$$

Celui-ci étant connu, le facteur de polymérisation x est donné par la relation :

$$x = \left(\frac{2.121}{K}\right)^{\frac{3}{2}}$$

Il est aisé de s'assurer que la méthode du compte-gouttes, employée dans les conditions que nous venons de préciser, est, en principe, suffisamment exacte pour

déterminer la valeur de x, attendu qu'il suffit généralement de savoir si x est égal à 1, ou 2, ou 3, etc. En admettant en effet une erreur moyenne de 1 % sur la valeur de la tension superficielle déterminée par la formule (b) indiquée plus haut, en supposant en outre que les erreurs sur γ_1 et γ s'ajoutent au lieu de se compenser (ce qui peut arriver), l'erreur sur K ne dépassera pas 2 % et celle sur x sera au maximum 1 $^1/_2$ fois plus grande, soit de 3 %. Comme x ne peut prendre que des valeurs entières pour un liquide normal, il en résulte qu'*une détermination ainsi exécutée par la méthode du compte-gouttes permettra toujours de dire si un liquide est normal ou non.*

Nous avons jugé utile de vérifier ces conclusions par une expérience directe faite sur un liquide choisi arbitrairement. Dans ce but nous avons fait usage d'une nouvelle pipette, de même forme et à peu près de même volume que celle avec laquelle avaient été comptés les nombres n de gouttes du tableau V, mais dont l'orifice était à peu près de moitié plus petit. Nous craignions, en effet, qu'en nous servant de l'ancien orifice dans l'étuve chauffée à 150° l'écoulement devint trop rapide pour permettre de compter facilement les gouttes.

La constante Q de la nouvelle pipette a été déterminée au moyen d'une expérience sur la *paratoluidine* comme liquide type, qui a fourni les nombres de gouttes suivants (le liquide de chauffe était l'anisol).

$n =$	122.5 à	150°.4
	123.2	»
	123.0	»
	122.4	»

Moyenne $n = 122.8$ à $t = 150°.4$ $\tau = 1''.74$

Les valeurs des densités et des tensions superficielles ont été tirées par interpolation des $\gamma\ mv^{\frac{2}{3}}$ trouvés par MM. Dutoit et Friderich[1] pour la paratoluidine à 107°,0 et à 210°,6.

On avait donc les éléments suivants pour le calcul de Q :

Paratoluidine :

t	n	γ	d	$d : \gamma$	
150°.4	122.8	23.36	0.8782	375	$\tau = 1''.74$

d'où

$$Q = \frac{23.37 \times 122.8}{0.8762} = 3275$$

Le liquide que nous avons choisi pour faire la vérification est l'*éthyluréthane*.

Avec la nouvelle pipette ce composé a donné les nombres de gouttes que voici :

$n' = 144$	à	148°.4	
148.4		149°.8	
147		149°.0	
144.5		149°.4	
Moyenne $n' = 146.0$		à $t' = 148°.9$	$\tau' = 1''.96$

d'où l'on tire les éléments de calcul suivants :

	t'	n'	d''	$n' : n$	
Ethyluréthane :	148°.9	146	0.9544	1.212	$\tau' = 1''.96$

la densité étant prise dans le mémoire cité de MM. Guye et Baud, qui s'étaient servis du même échantillon.

Appliquant la formule (a), on voit que le rapport $n' : n = 1.212$ comporte une correction de

$$(1 + \beta) = 1.032$$

[1] *Loc. cit.*, p. 117.

d'après le tableau VI, d'où

$$\Gamma = \frac{3275.3 \times 0.9544 \times 1.032}{146} = 22.10$$

D'autre part, dans le tableau V on possède déjà la valeur de Γ à 53°.8 du même corps qui est de 31.36.

Au moyen des densités correspondant aux deux températures et du poids moléculaire 89 on trouve enfin pour l'éthyluréthane.

$$\Gamma\, mv^{\frac{2}{3}} \text{ à } 53°8 = 605.33$$
$$\Gamma_1\, mv_1^{\frac{2}{3}} \text{ à } 148°.9 = 454.40$$
$$t - t_1 = 95.1$$

d'où :

$$K = \frac{605.33 - 454.4}{95.1} = 1.59 \text{ entre } 53°.8 \text{ et } 148°.9, \text{ et } x = 1.55$$

Par ascensions capillaires, MM. Guye et Baud avaient trouvé :

	K	x
entre 65°.1 et 107°.6	1.50	1.68
entre 65°.1 et 152°.6	1.54	1.62

Si l'on veut appliquer la formule (b) l'on a encore à tenir compte de la correction C_τ. Le rapport $\tau' : \tau$ est égal dans ce cas à $\frac{1.96}{1.74} = 1.13$, ce qui donne par interpolation des données du tableau VIII

$$C_\tau = + 0.08 \text{ dynes}$$

et

$$\Gamma_b = 22.10 + 0.08 = 22.18 \text{ dynes à } 148°.8$$

D'autre part on a déjà, d'après le tableau VII, que Γ_b à 53°.8 est égal à 31.92.

Avec ces données on calcule :

$$\Gamma \ mv^{\frac{2}{3}} \text{ à } 53°.8 = 616.12$$
$$\Gamma_1 \ mv_1^{\frac{2}{3}} \text{ à } 148°.9 = 456.11$$

d'où :

$K = 1,68$ (Guye et Baud : 1,52)
$x = 1,42$ (Guye et Baud : 1,65)

Cette vérification dont le résultat était à prévoir, démontre que le procédé que nous avons indiqué[1] pour la détermination de K et de x correspond tout à fait aux exigences de la pratique courante. En outre il permettra d'obtenir des résultats déjà très satisfaisants *alors qu'on ne disposerait que de quantités de liquide trop petites pour pouvoir appliquer la méthode des ascensions capillaires* telle qu'elle a été établie par MM. Ramsay et Shields.

Troisième série de recherches.

Notre seconde série de recherches ayant montré que la durée de formation des gouttes exerce une influence indiscutable sur leurs poids, nous avons jugé utile d'entreprendre de nouvelles mesures en cherchant à nous placer dans des conditions telles que cette influence devienne négligeable. A cet effet nous avons fait usage d'un procédé dont les grandes lignes ont été indiquées par M. Ostwald et dont nous avons déjà dit quelques mots, en note, dans notre introduction : voici comment nous l'avons mise en œuvre[2] :

[1] Page 358.

[2] Nous n'avons connaissance d'aucun mémoire dans lequel le procédé de M. Ostwald ait été employé.

Un petit matras (Pl. IV, fig. 4 *m*), au fond duquel on a mis une quantité suffisante du liquide étudié pour que l'air situé à l'intérieur soit saturé, est fermé par un bouchon percé de deux trous. Dans l'un passe un thermomètre, dans l'autre un court tube capillaire que nous désignerons sous le nom de *tube à écoulement* ($t\ t'$). Dans nos expériences, ce tube était long de 25^{mm},5, et son diamètre extérieur était de 3^{mm},17. Une rainure le long du bouchon maintenait l'équilibre de pression entre l'intérieur du matras et l'atmosphère extérieure, sans permettre d'évaporation appréciable.

Après avoir rempli le tube à écoulement entièrement du haut en bas, sans que le liquide fasse saillie au dehors, on le pèse avec l'ensemble du matras. Puis on introduit du liquide par l'orifice supérieur du tube en se servant comme entonnoir d'un tube excessivement étroit obtenu par étirement ($e\ e'$). L'introduction du liquide dans le tube à écoulement demande une certaine délicatesse de main et doit être faite à proximité de la balance, dans un local tranquille afin d'éviter les ébranlements. La formation de la goutte aux dépens du liquide provenant de l'entonnoir capillaire doit être *très lente* si l'on veut rendre le poids de la goutte indépendant de sa durée de formation (ainsi qu'on le verra plus loin) et durer environ 45 secondes; ce résultat ne peut être obtenu qu'avec des entonnoirs très fins.

A l'instant où la goutte se détache, l'entonnoir est vivement enlevé, de sorte que le ménisque faisant saillie sous le tube après la chute de la goutte ne peut évidemment pas provenir de l'écoulement de portions supérieures du liquide. Le volume du liquide dont est

formé le ménisque préexistait nécessairement sous l'orifice au moment où la goutte s'est détachée.

Aussitôt après la chute de la goutte, on repèse le matras avec le tube à écoulement plein, la goutte tombée et le ménisque, et l'on a par soustraction de la pesée précédente *le poids de la* **goutte complète**, *c'est-à-dire de toute la masse du liquide faisant saillie sous la section droite du tube à écoulement à l'instant de la chute de la portion de liquide détachée, portion que nous appelons* **goutte tombée**.

Un premier avantage de ce procédé sera donc de permettre de constater si la loi de proportionnalité s'applique mieux aux *gouttes complètes* qu'aux *gouttes tombées* qui faisaient l'objet des deux premières séries de nos recherches.

Un second avantage réside dans le fait que la durée de formation de la goutte peut-être ralentie à tel point que le poids de celle-ci devient complètement indépendant de cette durée. Il suffit d'introduire le liquide dans le tube à écoulement au moyen d'un entonnoir capillaire dont la section soit d'autant plus faible que le liquide est moins visqueux ; avec les liquides très fluides comme le tétrachlorure de carbone, on arrive généralement à trouver la section convenable en étirant un tube capillaire sur une longueur de 25 à 30 cm., et en le raccourcissant ensuite si le débit est par trop lent.

Nous nous sommes assurés par des essais faits sur le bromure d'éthylène, liquide qui a la tendance à descendre très vite dans le tube à écoulement à cause de sa forte densité, qu'à partir d'une durée de formation de 30 à 40″ le poids de la goutte ne varie plus, même

si l'on augmente de plus en plus la durée de formation. En portant la durée à 60″, même déjà à 45″, nous sommes donc certains de rendre nos observations indépendantes des temps qui s'écoulent entre les chutes des gouttes.

Voici le résumé des expériences à l'appui, faites sur le bromure d'éthylène.

Températ.	Mesures individuelles	Moyenne du poids de la goutte	Durée de formation
15°.0	0.0340	= 0.0340	46″
15°.5	0.0335; 0.0330, 0.0318; 0.0325	= 0.0328	31″
15°.8	0.0328; 0.0313; 0.0318; 0.0328	= 0.0322	47″
15°.9	0.0319; 0.0325; 0.0320; 0.0322	= 0.0322	65″

Nous nous sommes aussi assurés par quelques expériences faites au moyen d'un tube à écoulement ayant 5mm05 de diamètre extérieur, que l'on ne gagne pas en précision pour les mesures individuelles en opérant sur des gouttes plus grosses.

L'écart moyen entre les mesures individuelles et la moyenne des mesures était de 0,87 °/₀ du poids d'une goutte pour l'acétophénone avec le tube de 3mm17 et de 0.88 °/₀ avec le tube de 5mm05.

Pour le benzène, le premier tube donnait 0.44 °/₀ et le second 0.58 °/₀.

Nous nous en sommes tenus par conséquent au seul tube de 3mm17.

La tension superficielle est donnée par la méthode des ascensions capillaires au moyen de la formule :

$$\gamma = \frac{1}{2} g\, h\, r\, (\rho - \sigma)$$

dans laquelle ρ est la densité du liquide, et σ celle de la vapeur saturée sous une pression égale à sa tension de vapeur.

Si cette même mesure était effectuée dans l'air, le terme σ serait remplacé par un terme σ' représentant à la pression atmosphérique et à la température de l'expérience, la densité de l'air saturé de la vapeur du liquide étudié. On obtiendrait ainsi une valeur γ' un peu différente de γ, surtout avec les corps très volatils. De là semble résulter que, même si la loi de proportionnalité est exacte, les valeurs de γ fournies par la méthode de M. Ostwald ne pourraient être rigoureusement égales à celles obtenues par la méthode de MM. Ramsay et Shields.

Par un calcul fort simple relatif au tétrachlorure de carbone, celui des corps étudiés par nous pour lequel cette différence atteint une valeur maximum, on trouve à la température de 20° :

$$\gamma' : \gamma = 1.0008$$

L'écart ne dépasse donc pas 1 $^0/_{00}$ dans les conditions les plus défavorables.

Nous avons aussi jugé utile de rechercher quel rapport pouvait exister entre le poids de la *goutte complète* et le poids de ce que nous avons désigné sous le nom de *ménisque (différence entre la goutte complète et la goutte tombée).*

On peut le déterminer en pesant dans le matras d'abord 5 gouttes (dont 4 *tombées* incomplètes et une première *complète* comprenant le ménisque) puis 10 gouttes (dont 9 *tombées* et une première *complète*).

Posant :

a = résultat de la première pesée.

b = résultat de la seconde pesée.

p = poids d'une goutte complète.
α = poids du ménisque, d'où
$(p-\alpha)$ = poids de la goutte tombée,

on aura que :

$$(1) \quad a = p + 4\,(p - \alpha)$$
$$(2) \quad b = p + 9\,(p - \alpha)$$

d'où :

$$\alpha = 2\,a - b.$$

Nous donnons ci-dessous les rapports $\frac{p}{\alpha}$ relatifs à divers liquides de la série étudiée.

	$\frac{p}{\alpha}$	Températures moyennes de a et b
Bromure d'éthylène.....	3.4	18.5
Tétrachlorure de carbone	3.4	21.5
Metaxylène	4.2	20.5
Acétophénone..........	4.7	17.6
Benzène	4.7	23.0
Diméthylaniline.........	4.7	19.8
Diméthylorthotol.......	4.9	18.9
Piperidine.............	5.0	18.3
Métacrésol	5.0	18.8
Anisol	5.5	19.2
Pyridine	6.4	18.1
Benzonitrile	6.4	22.5
Aniline	6.4	19.0
moy. :	5.0	

On voit par là que le poids du ménisque est compris entre le 29 % et le 16 % du poids de la goutte complète pour les différents corps examinés. Moyenne 20 %.

La valeur α, toutefois, est tirée d'une équation dans laquelle le terme a est multiplié par 2. Une erreur

expérimentale sur a serait donc doublée dans la valeur de α. Aussi les valeurs $\frac{p}{\alpha}$ ci-dessus indiquées ne doivent-elles être considérées que comme des approximations. Elles donnent cependant une idée assez juste de la grandeur de α vis-à-vis de p.

Une observation sur le bromure d'éthylène, faite avec un entonnoir excessivement fin, nous a fourni une indication intéressante sur la *durée de formation du ménisque*, comparée à celle de la formation de la goutte entière. En effet, le tube à écoulement étant rempli sans que le liquide fasse saillie au-dessous, nous avons ensuite introduit le liquide par l'entonnoir capillaire et avons observé :

1° Temps écoulé depuis que le liquide a commencé à faire saillie sous l'orifice du tube à écoulement jusqu'à la chute de la première goutte. Soit durée de formation d'une goutte complète............ 87″

2° Temps écoulé depuis la chute de la première goutte jusqu'à la chute de la seconde goutte. Soit durée de formation d'une goutte tombée, incomplète, le ménisque s'étant formé au dépens de la première, à l'instant de sa chute............................ 65″

3° Différence, représentant la durée de formation du ménisque........... ..... 22″

Ces explications étant données, nous transcrivons ci-après les résultats des pesées des *gouttes complètes*, en y faisant figurer toutes les observations individuelles. Indépendamment des valeurs moyennes déduites pour chaque corps de toutes les observations, nous avons

calculé les valeurs moyennes fournies par les mesures faites à des températures très voisines, indiquées par un astérique : ce sont ces dernières que nous avons utilisées plus loin. On verra d'ailleurs qu'en général ces deux moyennes s'écartent fort peu l'une de l'autre. Pour quelques corps la précision moins grande des mesures individuelles nous a forcés à conserver la moyenne de toutes les observations.

TABLEAU IX

Benzène

	°	
	17.8	0.0234
	17.5	0.0233
	17.0	0.0234
*	16.6	0.0236
*	16.5	0.0232
	17.1	0.02338
*	16.6	0.02340

Acétophénone

	°	
*	17.5	0.0318
	17.8	0.0311
	18.2	0.0317
*	17.5	0.0313
	17.6	0.03148
*	17.5	0.03155

Diméthylaniline

	°	
*	17.5	0.0293
*	17.5	0.02965
*	17.4	0.0295
*	17.5	0.02948

Diméthylorthotoluidine.

	°	
	22.5	0.02535
*	20.0	0.02540
*	19.8	0.02580
*	19.8	0.02540
	20.5	0.02549
*	19.9	0.02553

Pyridine

	°	
*	19.3	0.0300
*	19.2	0.0293
*	19.0	0.0294
*	19.0	0.0296
*	19.1	0.0296

Aniline

	°	
*	18.4	0.0342
*	18.5	0.0344
*	18.2	0.0342
*	18.4	0.03427

Benzonitrile

	°	
	18.0	0.0305
*	19.4	0.0305
*	19.7	0.0309
	19.0	0.03063
*	19.6	0.03070

Anisol

	°	
	18.2	0.02825
*	19.5	0.02810
*	19.4	0.02840
*	19.3	0.02830
	19.1	0.02826
*	19.4	0.02827

Pipéridine

	°	
*	17.5	0.02515
*	17.8	0.02510
*	17.6	0.02513

Metacrésol

	°	
	18.6	0.0299
*	21.5	0.0293
*	21.7	0.0299
	20.6	0.02953
*	21.6	0.02935

Nitrobenzène

	°	
*	15.0	0.0345
*	15.1	0.0344
	14.7	0.0354
	14.5	0.0355
	16.0	0.0338
	15.0	0.03472
*	15.0	0.03445

Isobutyrate de méthyle

	°	
*	12.0	0.0199
*	12.2	0.0201
*	11.8	0.0196
*	12.0	0.0199

Valeroxyme

	°	
*	17.6	0.02202
	18.0	0.02195
*	17.5	0.02195
*	17.5	0.02190
	17.6	0.02195
*	17.6	0.02193

Metaxylène

	°	
*	17.0	0.0235
*	17.2	0.02317
*	17.0	0.0233
*	17.5	0.02345
*	17.2	0.02335

Acétate d'éthyle

	°	
*	17.0	0.0195
*	17.4	0.0193
*	18.0	0.0200
*	18.3	0.0198
*	17.0	0.0198
*	16.6	0.0192
*	18.5	0.0198
*	15.6	0.0198
*	15.5	0.0193
*	17.1	0.01966

Bromure d'éthylène

1er échantillon.

	°	
*	12.5	0.0339
*	12.5	0.03425
*	12.5	0.0334
	13.0	0.0332
	12.8	0.03369
*	12.5	0.03385

Bromure d'éthylène

2e échantillon.

	°	
*	21.5	0.0322
*	20.7	0.0327
*	21.3	0.0325
*	21.0	0.0331
*	21.8	0.0325
*	21.2	0.0326

Tetrachlorure de carbone

1er échantillon.

	°	
*	11.6	0.0246
*	11.5	0.0235
*	11.5	0.0253
*	11.7	0.02425
*	11.2	0.0243
*	11.8	0.02439

Tetrachlorure de carbone

2e échantillon.

	°	
*	23.0	0.02313
*	22.5	0.0220
*	23.0	0.0229
*	22.0	0.0226
*	22.0	0.0233
*	21.0	0.0225
*	22.1	0.02274

On voit que la goutte complète varie d'une mesure à l'autre pour un même liquide dans des limites généralement comprises entre 1 et 7 dixièmes de milligrammes ; seuls deux ou trois corps présentent des écarts un peu plus accentués. Sans rechercher autrement les causes de ces écarts qui peuvent être multiples, on en conclut que le poids de la goutte complète *déterminé par une seule pesée* est exact à 1 ou 2 °/₀ près de sa valeur absolue et qu'en prenant, comme nous l'avons fait, *la moyenne* de plusieurs observations, on peut être assuré que cet écart ne dépasse pas 1 °/₀.

Pour vérifier la loi de proportionnalité nous avons dressé le tableau X, dans lequel on trouvera par ordre de colonnes :

1° Le nom des corps soumis à l'expérience.

2° La température durant les pesées *(t)*.

3° La valeur de la tension superficielle γ à la température *(t)*, interpolée d'après les valeurs $\gamma m v^{\frac{2}{3}}$ indiquées dans les Mémoires déjà cités sur la détermination de cette constante par la méthode des ascensions capillaires. Les corps dont les noms sont précédés d'un astérisque sont ceux pour lesquels γ et p ont été déterminés sur un seul et même échantillon.

4° Le poids de la goutte complète, observé.

5° Le rapport $\frac{\gamma}{p}$.

6° Les densités d à $t°$, empruntées aux mémoires dont on a tiré les valeurs γ.

7° Les viscosités (η) aux mêmes températures : quelques unes de ces données étant empruntées aux Mémoires de divers auteurs : Thorpe et Rudge, Gar-

tenmeister. Les autres, précédées d'un astérisque, ont été mesurées par M. Mallet et M. Stoïlkowitch[1].

8° Les volumes v des gouttes calculés au moyen des densités : $v = \frac{p}{d}$.

Pour le tétrachlorure de carbone et le bromure d'éthylène nous avions d'abord fait usage d'échantillons purs quelconques, et pris pour les valeurs de γ celles qui ont été publiées par M. Ramsay et Mlle Aston. Comme ces deux corps se sont trouvés donner les valeurs de $\gamma : p$ les plus extrêmes par rapport à la moyenne, nous nous sommes demandé si ce fait ne provenait peut être pas de ce que les valeurs de M. Ramsay et Mlle Aston ne convenaient pas aux échantillons employés par nous.

Afin d'enlever tout doute à cet égard, nous avons purifié de nouveaux échantillons soit de CCl_4 par distillation, soit de $C_2H_4Br_2$ par cristallisation et distillation, et nous les avons soumis d'une part à des mesures d'ascension capillaire dans le vide, et d'autre part à des mesures de poids de gouttes. Les valeurs de γ que nous avons trouvées par les ascensions se rapprochent beaucoup de celles de M. Ramsay et Mlle Aston comme on le voit par les chiffres ci-dessous :

	t	γ	*R. et A.*
$C_6H_4Br_2$	10°9	38.90	39.20
	20°1	37.69	37.89
	62°9	31.85	32.23
CCl_4.	8°7	27.64	27.40
	18°6	26.37	26.21

[1] Travaux encore inédits.

TABLEAU X

	t	γ	p	$\frac{\gamma}{p}$	d	η	$r.10^4$
* Acétate d'éthyle...........	17.1	23.63	g. 0.01966	1202	0.9039	0.0048	217
.Isobutyrate de méthyle.....	12.0	23.89	0.01990	1200	0.8980	0.0053	222
[Tetrachlorure de carbone..	11.8	27.06	0.02439	1109	1.6069	0.0107	152
* » 2[d] échantillon..	22.1	25.92	0.02274	1139	1.5810	—	143
* Valéroxyme	17.6	27.27	0.02193	1243	0.8944	—	245
Benzène	16.6	28.41	0.02340	1214	0.8813	0.0078	265
* Métaxylène	17.2	28.80	0.02335	1233	0.8676	*0.0065	269
Piperidine................	17.6	29.61	0.02513	1178	0.8647	*0.0162	291
* Diméthylorthotoluidine	19.9	31.35	0.02553	1228	0.9281	*0.0156	275
* Anisol..................	19.4	34.41	0.02827	1216	0.9927	*0.0109	285
* Diméthylaniline...........	17.5	35.94	0.02948	1219	0.9582	*0.0151	308
* Pyridine................	19.1	36.44	0.02960	1231	0.9825	*0.0103	301
* Métacrésol..............	21.6	37.15	0.02935	1265	1.0324	*0.1626	284
* Benzonitrile.............	19.6	38.13	0.03070	1242	1.0057	*0.0137	305
* Acetophénone	17.5	38.66	0.03155	1225	1.0302	*0.0199	306
[Bromure d'éthylène........	12.5	38.86	0.03385	1148	2.1881	0.0197	155
* » 2[d] échantillon.....	21.2	37.55	0.03260	1152	2.1686	—	150
* Aniline.................	18.4	40.88	0.03127	1193	1.0188	*0.0452	316
* Nitrobenzène.............	15.0	43.14	0.03445	1252	1.2041	*0.0227	286

Nous conserverons entre [ ] et pour mémoire dans le tableau X, les résultats trouvés avec les premiers échantillons, en inscrivant à côté les valeurs de γ interpolées d'après M. Ramsay et Mlle Aston.

Si l'on se reporte aux données du tableau X, on constate en premier lieu que le rapport $\gamma : p$ n'est nullement constant, ainsi que l'exigerait la loi de proportionnalité. Ce rapport varie entre les limites extrêmes 1139 et 1265, sa valeur moyenne étant 1213,6[1]. De là résulte que si l'on voulait déterminer les tensions superficielles *par la méthode des gouttes complètes*, en ayant préalablement gradué un tube à écoulement en prenant comme liquide type tel corps dont le rapport $\gamma : p$ est très voisin de la moyenne, on serait exposé à commettre des erreurs qui pour certains liquides iraient jusqu'à 6 % de la valeur fournie par les ascensions capillaires.

En comparant ensuite les valeurs de $\gamma : p$ avec celles de η (cœfficient de viscosité), on ne trouve aucune relation simple et évidente entre les écarts de la loi de proportionnalité et le degré de viscosité, très variable d'ailleurs, des liquides considérés.

Il paraît en être de même en ce qui concerne les volumes des gouttes. Cependant, d'une façon très grossière, les valeurs les plus faibles de $\gamma : p$ sont fournies en général par les liquides dont les gouttes sont les plus petites; mais on ne voit aucune relation évidente entre ces deux constantes.

[1] Nous ne prenons pour CCl_4 et $C_2H_4Br_2$ que les chiffres des seconds échantillons.

Nous avons enfin cherché à utiliser ces données du tableau X pour établir une formule de correction analogue à celle employée dans notre seconde série de recherches. Dans ce but, prenant de nouveau la diméthylaniline comme liquide type, nous avons dressé une table des valeurs des tensions superficielles des divers corps, calculées par la formule

$$\gamma' = 35.94\,\frac{p'}{p}$$

dans laquelle p représente le poids de la goutte complète de diméthylaniline et p' celui du liquide étudié.

En classant les divers corps par valeurs croissantes de $\frac{p'}{p}$ et en mettant en regard les écarts entre les valeurs de γ' données par la formule ci-dessus et les valeurs expérimentales, nous avons constaté que ces écarts sont distribués d'une façon absolument quelconque, les uns positifs, les autres négatifs et qu'ils dépassent fréquemment les limites des erreurs d'observations.

Nous croyons donc que l'on ne peut songer à appliquer aux gouttes complètes de formation lente une méthode de correction analogue à celle proposée par M. Duclaux.

Quatrième série de recherches.

Il était intéressant de calculer pour chaque liquide le diamètre du cercle de rupture au moment de la chute de la goutte, et de le comparer au diamètre réel du tube à écoulement.

Les valeurs de γ étant données en dynes, les poids des gouttes en grammes (1 gr. = 980,9 dynes) et les diamètres δ étant mesurés en millimètres, la loi de proportionnalité p = $2 \pi r \gamma$ conduit à la relation

$$\delta = \frac{9809}{3.1416} \cdot \frac{1}{\left(\frac{\gamma}{p}\right)}$$

Si l'on prend seulement les corps qui ont donné les plus grands écarts et la valeur moyenne de

$$\gamma : p = 1213,6$$

pour tous les corps du tableau X on trouve

	$\gamma : p$	δ
tetrachlorure de carbone	1139	2,74
metacrésol	1265	2,47
moyenne générale	1213,6	2,57

Le diamètre réel du tube = 3mm17.

De là résulte que le diamètre du cercle de rupture a toujours été inférieur au diamètre du tube.

Dans l'hypothèse de la loi de proportionnalité on serait amené ainsi à conclure que la rupture s'effectue un peu au-dessous de la section droite de l'orifice et que, pour calculer la valeur du diamètre du cercle de rupture avec plus d'exactitude, il ne faudrait pas compter dans le poids de la goutte la petite quantité de liquide qui reste suspendue au tube après la rupture et que nous avons désigné par « ménisque » (α).

En prenant pour une première approximation les valeurs des rapports de $p : \alpha$ indiqués plus haut, (page 367), il faudrait alors retrancher des poids des gouttes complètes :

29 °/o pour le tétrachlorure de carbone
20 » pour le métacrésol
20 » pour la moyenne générale.

ce qui conduit aux nouvelles valeurs suivantes δ' des diamètres des cercles de rupture :

	δ'		δ
Tetrachlorure de carbone	1.94	au lieu de	2.74
Metacrésol	1.97	»	2.47
Moyenne générale	2.06	»	2.57
Le diamètre réel du tube étant toujours			3.17

Les valeurs extrêmes de δ' sont beaucoup plus concordantes et ne varient plus que dans le rapport de 1.00 à 1,01, tandis que celles de δ variaient dans le rapport de 1,00 à 1,11. On remarque en outre que le diamètre moyen du cercle de rupture $\delta' = 2,06$, représente très approximativement les $^2/_3$ du diamètre réel du tube à écoulement.

Ces constatations (qui n'étaient que provisoires vu le degré d'exactitude insuffisant de α) nous ont amenés à dresser un nouveau tableau XII renfermant pour chaque liquide le poids p_1 de la goutte incomplète (sans ménisque), et à établir les nouveaux rapports $\frac{\gamma}{p_1}$.

On obtient facilement le poids de la goutte incomplète en pesant (comme il a été dit plus haut) 10 gouttes dont 1 complète et 9 incomplètes, soustrayant ensuite le poids de la goutte complète indiqué dans la 4me colonne du tableau X, et divisant le reste par 9. Il est nécessaire de ramener auparavant les observations faites sur les 10 gouttes à la température de celle faite sur 1 goutte complète, ce qui est facile si l'on admet que les variations de p avec la température sont proportionnelles à celles de γ.

Donnons d'abord un exemple de la manière dont

s'effectuera la correction sur le poids brut observé des 10 gouttes :

Benzène.

	gr.
Moyenne des poids de 10 gouttes à 23°4. observés :	0.18615
Moyenne des poids de 1 goutte complète à 16°6. observés :	0.02340
Variation de γ en % pour 1°	0,43 %

Correction pour ramener le poids de 10 gouttes de 23°4 à

$$16^{\circ}6 = \frac{(23{,}4 - 16{,}6) \times 0{,}43 \times 0{,}18615}{100} = 0{,}00543$$

poids de 10 gouttes à 16°6 = 0.18615 + 0,00543 =	0.19158
poids de 1 goutte complète à 16°6 à retrancher =	0.02340
différence, soit poids de 9 gouttes *tombées* à 16°6 =	0.16818
poids de 1 goutte *tombée* à 16°6 =	0,01869

Voici maintenant les relevés des mesures individuelles brutes faites sur 10 gouttes, et de leurs moyennes. Sauf pour le benzène, le métaxylène et peut-être aussi l'anisol, les gouttes se sont formées assez lentement pour que leurs poids puisse être considéré comme sensiblement indépendant de la durée de formation.

TABLEAU XI.

Benzène.		*Benzonitrile.*	
	° gr.		° gr.
10 gouttes à	23.0 = 0.1860	10 gouttes à	23.0 = 0.2559
	23.8 = 0.1863		21.5 = 0.2571
Moy. :	23.4 = 0.18615	Moy. :	22.2 = 0.2565

Diméthylaniline.		*Metaxylène.*	
10 gouttes à	19.8 = 0.2440	10 gouttes à	20.4 = 0.1870
	19.8 = 0.2439		20.5 = 0.1871
Moy. :	19.8 = 0.24395	Moy. :	20.5 = 0.18705

Pyridine.

10 gouttes à 18.0 = 0.2456
18.0 = 0.2465
17.8 = 0.2462
Moy.: 18.0 = 0.2461
(Refait 8 jours plus tard à 18.1 = 0.2461).

Diméthylorthotoluidine.

10 gouttes à 18.5 = 0.2137
19.3 = 0.2145
18.9 = 0.2141

Acetophénone.

10 gouttes à 18.5 = 0.2621
18.8 = 0.2622
17.6 = 0.2635
Moy.: 18.3 = 0.2626

Anisol.

10 gouttes à 19.5 = 0.2339
19.5 = 0.2347
18.7 = 0.2351
Moy.: 19.2 = 0.2346

Pipéridine.

10 gouttes à 18.5 = 0.20185
18.8 = 0.20240
18.0 = 0.20285
Moy.: 18.4 = 0.20233

Metacrésol.

10 gouttes à 18.8 = 0.2462
18.8 = 0.2462
Moy.: 18.8 = 0.2462

Bromure d'éthylène.

10 gouttes à 22.0 = 0.2439
22.2 = 0.2430
22.1 = 0.2434
Moy.: 22.1 = 0.24342

Valeroxyme.

10 gouttes à 16.2 = 0.1808
16.3 = 0.1799
15.3 = 0.1814
15.5 = 0.1806
Moy.: 15.8 = 0.1807

Nitrobenzène.

10 gouttes à 22.0 = 0.2859
21.6 = 0.2853
Moy.: 21.8 = 0.2856

Autre échantillon ayant servi pour γ :
10 gouttes à 15.4 = 0.29005

Aniline.

10 gouttes à 19.0 = 0.2906
18.7 = 0.2912
Moy.: 18.8 = 0.2909

Autre échantillon mesuré 6 mois après :
10 gouttes à 19.5 = 0.2908

Acétate d'éthyle.

5 gouttes à 17.3 = 0.0804
17.6 = 0.0803
17.6 = 0.0809
16.9 = 0.0805
Moy.: 17.4 = 0.08052

Tetrachlorure de carbone.

10 gouttes à 18.7 = 0.1712
19.0 = 0.1711
19.3 = 0.1708
Moy.: 19.0 = 0.17103

Des valeurs moyennes de 10 gouttes ainsi obtenues, nous avons tiré à l'aide de la correction dont nous venons de donner un exemple, les poids des gouttes *tombées* (p_1) aux mêmes températures que le poids des gouttes *complètes* (p') indiquées au tableau X. Ces poids, p_1, sont réunis dans le tableau XII (5me colonne), dans lequel on trouve aussi :

a) Les poids (p_{10}) observés des 10 gouttes avec les températures auxquelles elles ont été pesées (colonnes 2 et 3). Ce sont les moyennes* consignées au tableau (XI).

b) Les variations de γ en $\%$ pour 1 degré de température, déduites des observations publiées dans les mémoires déjà cités sur les ascensions capillaires.

c) les valeurs du rapport $\gamma : p_1$.

d) Les valeurs du diamètre du cercle de rupture calculées par la formule :

$$\delta_1 = \frac{9809}{3{,}1416} \quad \frac{1}{\left(\frac{\gamma}{p_1}\right)}$$

Pour l'*aniline* on a inscrit dans le tableau les résultats de 2 séries d'observations faites à un intervalle de plusieurs mois l'une de l'autre, sur des échantillons très purs, conservés en tubes scellés. La première (*a*) avait donné une moyenne $p_{10} = 0.02909$ à 18°.8, et $p = 0.03427$ à 18°,4 (γ à 18°,4 $= 40.88$). La seconde (*b*) avait donné une moyenne $p_{10} = 0.2908$ à 19°,5 et $p = 0.03437$ à 20°,3 (γ à 19°,5 $= 40.76$).

Le calcul donne pour $\gamma : p_1$ un résultat identique pour (*a*) et (*b*).

Pour le *nitrobenzène* une première série (*a*) avait

été faite sur un échantillon qui a donné p_{10} = 0.2856 à 21°,8, mais sur lequel on n'avait pas mesuré p.

L'échantillon même qui a servi à mesurer γ a donné : série (b) : $p_{10} = 0.29005$ à 15°,4 et $p = 0.03445$ à 15°,0. On s'est servi pour (a) comme pour (b) de cette dernière valeur de p pour calculer p_1 à 15°. Le calcul de $\gamma : p_1$ en prenant $\gamma = 43.14$ à 15°,0 donne 1513 pour a et 1517 pour b.

On peut se rendre compte, par ces deux doubles déterminations, du degré de précision des mesures consignées au tableau. Pour le tétrachlorure de carbone et le bromure d'éthylène, les poids de 10 gouttes concernent les seconds échantillons, sur lesquels nous avons nous-mêmes mesuré γ par ascension capillaire.

Le poids de 10 gouttes pour *l'isobutyrate de méthyle* n'a pas été mesuré, l'échantillon n'ayant pas été conservé. Ce corps qui figurait au tableau X, manque dans le tableau XII.

Notons enfin que pour *l'acétate d'éthyle* on a pesé 5 gouttes (dont 4 tombées et 1 complète), au lieu de 10 gouttes (p_5 et non p_{10}).

Lorsqu'on examine les chiffres consignés dans le tableau XII, ci-après, et qu'on les compare à ceux qui résument la 3me série de recherches (tableau X), on est amené à formuler les observations suivantes :

En premier lieu, le rapport $\gamma : p_1$, qui devrait être constant d'après la loi de Tate, ne l'est pas davantage que ne l'était le rapport $\gamma : p$ trouvé avec les gouttes complètes. La moyenne du rapport $\gamma : p_1$ est 1520 : il oscille entre les valeurs 1432 et 1597.

Si donc on voulait utiliser les poids des *gouttes*

TABLEAU XII

	p_{10}	t^o_{10}	$\%\ \gamma$	p_1	$\gamma : p_1$	δ_1
* Acétate d'éthyle ......(p_5).	0.08052	17.4	0.56	0.01525	1549	2.015
* Tetrachlorure de carbone..	0.17103	19.0	0.49	0.01619	1601	1.950
* Valeroxyme	0.1807	15.8	0.33	0.01754	1555	2.008
Benzène	0.18615	23.4	0.43	0.01869	1520	2.054
* Metaxylène...............	0.1871	20.4	0.37	0.01844	1561	2.000
Pipéridine................	0.2023	18.4	0.37	0.01975	1499	2.083
* Diméthylorthotoluidine	0.2141	18.9	0.31	0.02088	1500	2.082
* Anisol..................	0.2346	19.2	0.33	0.02292	1501	2.080
* Diméthylaniline...........	0.2439	19.8	0.34	0.02403	1495	2.089
* Pyridine	0.2461	18.0	0.41	0.02393	1522	2.051
* Metacrésol	0.2462	18.8	0.32	0.02385	1557	2.005
* Benzonitrile	0.2565	22.2	0.32	0.02532	1505	2.075
* Acetophénone..............	0.2626	18.3	0.28	0.02574	1502	2.079
* Bromure d'éthylène	0.24342	22.1	0.34	0.02351	1597	1.955
* Aniline (*a*)...............	0.2909	18.8	0.24	0.02855	1432	2.180
* » (*b*)...............	0.2908	19.5	0.24	0.02845	1432	2.180
* Nitrobenzène (*a*)..........	0.2856	21.8	0.27	0.02850	1513	2.064
* » (*b*)..........	0.29005	15.4	0.27	0.02843	1517	2.058

tombées et formées lentement pour déterminer les tensions superficielles des corps sur lesquels ont porté nos expériences, la moyenne des tensions ainsi trouvées serait en défaut d'environ 2.5 °/₀ sur la moyenne des tensions exactes. L'écart individuel pourrait s'élever, comme pour le bromure d'éthylène, à 6.4 °/₀ de la tension exacte, si on compare ce corps à la diméthylaniline. Nous avons fait cette vérification en prenant, en effet, comme précédemment, la diméthylaniline comme liquide type et en employant encore la formule :

$$\gamma' = 35.94 \frac{p'_1}{p_1}$$

les valeurs de p'_1 et p_1 étant prises dans le tableau XII ; toutes les valeurs de γ' ainsi calculées se sont d'ailleurs trouvées trop faibles, sauf pour l'aniline qui conduit à une valeur trop forte.

Nous avons cherché en second lieu s'il était possible de trouver une correction simple dépendant du rapport entre le poids d'une goutte du liquide observé et d'une goutte du liquide type. Mais, comme précédemment, nous ne sommes parvenus à aucun résultat pratique. La comparaison avec les coefficients de viscosité n'a conduit non plus à aucun résultat.

Un troisième point qui nous paraît devoir être signalé, c'est que si l'on classe les corps par valeurs croissantes des poids d'une goutte de chacun d'eux, ils ne se rangent pas tous dans le même ordre suivant que l'on considère la goutte *complète* (tableau X) ou la goutte

tombée (tableau XII). Les divers corps étudiés se trouvent en effet classés dans l'ordre suivant .

Par goutte complète (p)	*Par goutte tombée (p_1)*
Acétate d'éthyle.	Acétate d'éthyle.
Valéroxyme.	Tétrachlorure de c.
Tétrachlororure de c.	Valéroxyme.
Métaxylène.	Métaxylène.
Benzène.	Benzène.
Pipéridine.	Pipéridine.
Diméthylorthotol.	Diméthylorthotol.
Anisol	Anisol.
Crésol.	Bromure d'éthylène.
Diméthylaniline.	Crésol.
Pyridine.	Pyridine.
Benzonitrile.	Diméthylaniline.
Acétophénone.	Benzonitrile.
Bromure d'éthylène.	Acétophénone.
Aniline.	Nitrobenzène.
Nitrobenzène.	Aniline.

Ce résultat nous parait assez important au point de vue théorique, en ce sens que les poids des gouttes dans les deux séries ayant été déterminés dans des conditions où ils peuvent être considérés comme à peu près indépendants de leur durée de formation, c'est-à-dire des effets dynamiques qui se produisent lorsque le liquide s'écoule trop rapidement à travers le tube, les différences constatées ne peuvent plus être attribuées qu'à des propriétés inhérentes au liquide même, et en particulier à la manière dont la goutte en tombant se détache de la portion qui restera adhérente au tube et que nous avons désignée sous le nom de « ménisque ».

Ce mode de détachement des gouttes variable avec les divers liquides, est mis en évidence d'une façon

plus nette encore lorsqu'on calcule les valeurs du diamètre δ_1 du cercle de rupture pour chacun d'entre ces derniers, à l'aide des relations indiquées en tête de ce chapitre. Ces valeurs δ_1 font l'objet de la dernière colonne du tableau XII.

L'influence de la durée de formation des gouttes étant éliminée par les conditions même des expériences, et la viscosité du liquide ne paraissant pas entrer nettement en jeu, on est amené à se demander si les écarts constatés d'une substance à l'autre ne sont pas attribuables à des différences d'*élasticité* des liquides considérés, propriété sur laquelle un rapport de M. Schwedoff a attiré récemment l'attention [1].

Un dernier point mérite enfin d'être remarqué : le fait que la méthode qui consiste à laisser les liquides s'écouler d'une pipette librement et par conséquent avec des durées de formation variant de l'un à l'autre, (2me série de recherches) conduise à des valeurs de γ plus exactes que celles obtenues en rendant le poids des gouttes indépendant de leur durée de formation (3me et 4me séries de recherches). Ce résultat, au premier abord étrange, doit s'expliquer en admettant que dans le premier cas les causes d'erreur multiples qui viennent fausser la loi de Tate toutes les fois qu'il s'agit de mesurer une tension superficielle par le poids des gouttes, se compensent mieux les unes les autres que dans les deux dernières séries de recherches.

[1] Th. Schwedoff. Rapports au Congrès international de physique, Paris, 1900, t. I, p. 478.

Résumé et Conclusions.

Les recherches que nous venons d'exposer sont loin d'avoir épuisé la question des relations expérimentales entre le poids des gouttes et la tension superficielle. Notre intention est au contraire de les poursuivre afin de préciser mieux encore les diverses particularités de cet intéressant problème. Cependant, avant d'aller plus loin, nous croyons utile de résumer rapidement les principaux points acquis en ce qui concerne l'application de ces méthodes à la mesure des tensions superficielles et l'étude de la polymérisation des liquides.

Si l'on veut donc bien se reporter aux expériences que nous venons de décrire, on constatera d'abord qu'elles confirment un résultat relaté dans plusieurs mémoires antérieurs, *mais généralement passé sous silence dans la plupart des ouvrages didactiques,* à savoir que *le poids des gouttes d'un même liquide issues d'un même orifice n'est pas le même, suivant que ces gouttes se forment lentement ou rapidement;* dans les conditions habituelles des expériences, le poids est plus fort dans le second cas que dans le premier.

Nous avons constaté en second lieu qu'à mesure que croît la durée de formation de la goutte, toujours issue d'un même orifice, son poids tend vers une limite qui ne varie pratiquement plus à partir d'une certaine durée de formation, de telle sorte que le poids des gouttes formées assez lentement devient indépendant de leur durée de formation.

Contrairement à notre attente, *les tensions superficielles déduites des poids des gouttes fournies dans ces conditions, où la durée de formation est éliminée, ne se*

sont pas trouvées en meilleur accord avec les valeurs obtenues par la méthode des ascensions capillaires (dispositif de MM. Ramsay et Shields). Nous ne sommes pas parvenus jusqu'à présent à trouver une correction simple qui permette d'utiliser ces poids de gouttes pour le calcul un peu exact des tensions superficielles, et cela aussi bien avec le poids des gouttes *complètes* qu'avec celui des gouttes *tombées*.

Nous avons pu voir en outre que *les poids de ces deux espèces de gouttes, issues d'un même orifice, ne sont pas toujours proportionnels entre eux* et que la quantité de liquide qui reste adhérente au tube au moment où la goutte se détache (ménisque) représente une fraction, *variable d'un liquide à l'autre*, du poids de la goutte complète. Le poids du « ménisque » est compris, pour les divers liquides que nous avons étudiés, entre le 17 °/₀ et le 29 °/₀ du poids de la goutte complète[1].

Des diverses méthodes que l'on peut employer pour déterminer des tensions superficielles par le poids des gouttes, celle qui nous paraît encore donner les meilleurs résultats consiste à laisser les gouttes se former librement à l'orifice capillaire d'une pipette contenant le liquide à étudier et préalablement calibrée avec un liquide type, de tension superficielle connue. *A la condition d'introduire deux corrections* dont le détail est donné dans notre 2me série de recherches, l'une dépendant du nombre des gouttes (Duclaux), l'autre de leur durée de formation, *on peut obtenir les valeurs des tensions superficielles exactes à 1 ou 2 °/₀ près.*

[1] Ces valeurs sont tirées des poids p et p_1 de l'aniline et du CCl_4 figurant dans les tableaux X et XII.

Cette précision est suffisante lorsque les mesures de tensions superficielles ont pour but de déterminer si un liquide est polymérisé ou non. A ce point de vue nous pensons que les recherches auxquelles nous nous sommes livrés pourront avoir leur utilité dans la pratique des méthodes physico-chimiques.

Il est évident que, guidés par ce premier but à atteindre, nous n'avons pu qu'effleurer un grand nombre de points touchant le phénomène de l'égouttement des liquides. C'est pourquoi nous nous réservons de publier ultérieurement l'exposé des observations qui n'ont pu trouver place dans le présent mémoire, par exemple celles sur les relations entre la pression hydrostatique, le poids et la vitesse de formation des gouttes (question sur laquelle nos devanciers ont émis des avis en apparence contradictoires); nous comptons revenir également sur la formule de Lord Rayleigh et peut être aussi sur le rôle de la rigidité dans le phénomène des gouttes. Enfin pour achever l'étude critique que nous nous sommes proposé de faire au début de nos recherches, nous résumerons mieux qu'on ne l'a fait, croyons-nous, jusqu'à présent, l'ensemble de tous les faits dûment et réellement établis, tels qu'ils ressortent soit de l'étude des mémoires antérieurs sur la question, soit des vérifications auxquelles nous avons été à même de procéder.

Genève. Laboratoire de Chimie physique de l'Université, mars 1901.

Erratum. — Numéro de mars, p. 251, 4me ligne à partir du bas, au lieu de *diamètre*, lisez *rayon*.

LES OCÉANS SISMIQUES

PAR

F. DE MONTESSUS DE BALLORE

(Avec la planche V.)

On donne dans cette monographie la description sismique des océans et de quelques îles océaniennes, qui n'ont pu être comprises dans les Indes néerlandaises, les Philippines ou les colonies anglaises ou espagnoles.

Là, se termine sur un plan uniforme et au moyen d'une même mesure numérique de la sismicité, la description sismique complète du globe, et, c'est en grande partie grâce à l'accueil que les *Archives des sciences physiques et naturelles* de Genève n'ont cessé, depuis plus de 12 ans, de faire à cette série de monographies, qu'a pu être menée à bien une œuvre aussi longue. Le moment est donc bien venu d'en remercier ses lecteurs et sa direction, et le meilleur moyen d'y parvenir sera d'entrer résolument dans la voie qu'ont préparée ces fastidieuses descriptions, à savoir « d'en déduire les différences de structures géographiques et géologiques caractérisant les régions stables ou instables, et par suite de tenter, comme conclusion finale, d'expliquer les causes du phénomène appelé séisme ».

Il faut toutefois observer que la première période de

ces recherches ne peut être considérée comme définitivement close, l'apport constant de documents nouveaux, en dépit du nombre énorme de ceux mis en œuvre, ayant permis et devant permettre presque indéfiniment d'améliorer, au moins dans une certaine mesure, sinon toutes ces monographies, du moins certaines d'entre elles; il s'en faut en effet de beaucoup que la sismologie de toutes les parties de la surface terrestre soit également bien connue, et dejà deux régions, le Mexique et les Philippines, ont dû être refaites à nouveau, tandis que bientôt viendra le tour de la Suisse, des Alpes orientales, de l'Angleterre, de l'Italie et des pays scandinaves. Cela tient aux progrès sans cesse croissants des études sismologiques sous la forme d'observatoires spéciaux, de sociétés sismologiques, etc., etc.

Les tremblements de terre à la surface des mers et des océans se présentent dans des conditions toutes spéciales. D'abord ils ne sont observables que lorsque les hasards de la navigation ont amené juste au moment précis un navire dans l'aire, généralement très petite, de l'action d'un séisme, et par beau temps, sinon le phénomène passe inaperçu. Celui-ci donne le plus souvent lieu à la sensation que le navire a touché; et il a fallu vérifier la fausseté de cette supposition, soit au moyen d'un sondage que le personnel naviguant aura naturellement opéré, soit par la constatation du fait qu'à la position correspondante ne se trouvent que des bas fonds bien avérés. Aussi ne faut-il pas s'étonner que des tremblements de terre sous-marins aient fait croire à l'existence d'écueils jusque là inconnus ou à l'apparition de récifs nouveaux, ou même de volcans

sous-marins, dernier cas qui s'est réellement produit assez souvent, mais dont l'étude ne rentre pas dans le cadre de ce travail, d'ordre exclusivement sismique.

Le nombre relativement considérable de séismes sous-marins bien constatés montre qu'en définitive la surface terrestre immergée est, autant que celle émergée, sujette aux accidents sismiques et que le fonds des mers a ses régions stables et instables.

Au voisinage des côtes, les navires peuvent ressentir des séismes d'origine terrestre, ou dont l'épicentre se trouve bien sous mer mais à proximité du littoral. Cela se présente notamment au Chili, au Pérou et au Japon. Ces surfaces marines côtières instables ne sont que le prolongement des régions instables émergées, et leur description n'a point sa place ici, mais bien seulement dans la monographie terrestre correspondante.

Les tremblements sous marins n'étant le plus souvent signalés que par un seul navire, il est impossible d'avoir une indication, même vague, sur la position exacte de leur épicentre. On se rappellera seulement que les aires ébranlées sont généralement extrêmement petites.

On a soigneusement éliminé les séismes ressentis simultanément sur terre et sur mer.

Une difficulté d'un autre ordre se présente ici, à savoir la distinction à faire entre les vagues sismiques produites par les tremblements de terre et les vagues extraordinaires appelées « Tide-rips ». Celles-ci ont une origine encore assez mystérieuse, encore qu'il serait assez rationnel de les supposer sismiques, car elles donnent aux navigateurs à peu près la même sensation que les séismes sous-marins : celles-là sont manifeste-

ment produites par des tremblements de terre plus ou moins lointains, et elles peuvent se propager à des distances énormes, à travers toute l'immensité du Pacifique par exemple et même tout autour de la surface terrestre liquide, telle la vague de l'explosion du Krakatoa. A proximité du centre d'ébranlement, elles peuvent occasionner d'énormes dégâts.

E. Rudolph a publié (*Beiträge zur Geophysik*; I, 133-365; II, 537-667; III, 273-337) une étude magistrale sur les tremblements de terre et les éruptions volcaniques dont les océans ont été le théâtre; ce travail a grandement servi à l'élaboration de cette monographie, mais par suite de la différence des points de vue et des documents consultés, il n'y a pas double emploi, comme on pourra s'en convaincre facilement. Il était bon de le dire ici, ne fut-ce que pour rendre justice à ce savant.

Quelle riche moisson de tremblements sous-marins ne pourrait-on pas recueillir en dépouillant les innombrables journaux de bord accumulés dans les archives maritimes de tous les pays ?

Cette étude comprend trois parties relatives aux océans Pacifique, Indien et Atlantique.

Le méridien de Greenwich y a été seul employé.

I. Océan Pacifique.

Mariannes, ou îles des Larrons, et Carolines.

L'archipel des Mariannes est très instable. Les observations des P. Jésuites permettent de lui attribuer une fréquence sismique annuelle de 15,00 (1892-1898).

Des Carolines, l'on ne sait rien.

1	Ulmata	134	5	Guam (I.)	5
2	Agaña	70	6	Gorreor (El—)(Carolines)	1
3	San Luis de Apra	24	7	Rotta (I.)	1
4	Les Mariannes	12			

2. *Nouvelle-Guinée et Nouvelle-Bretagne.*

La côte nord de la Nouvelle-Guinée entre les 148me et 150me degrés de longitude orientale, ainsi que l'archipel Bismark, sont certainement très instables. La côte de Doréi, sur les versants E et N-E des monts Arfack, l'est aussi, mais probablement à un degré moindre. De l'intérieur et de la côte méridionnale de la Nouvelle-Guinée, l'on ne sait absolument rien.

1	Côte de Maclay	12	8	Canal Saint-Georges (à sa sortie vers l'W.)	1
2	Dorei	10	9	Nouvelle Guinée	1
3	Canal Saint-Georges	2	10	Lemaire (I.)	1
4	Neu-Lauenburg	2	11	Manokwasi	1
5	Rook (I.) (Umboi)	2	12	Marteaux (I. des —)	1
6	En mer : 4° 18′ S — 152° 13′ E.	2	13	Ratavul-bay	1
7	Fak-Fak	1			

3. *Nouvelle-Calédonie et Loyalty.*

Ces îles paraissent très stables. Les dernières, et peut-être même la Nouvelle-Calédonie aussi, ressentent surtout des secousses venant des Nouvelles-Hébrides. On peut admettre pour la Nouvelle-Calédonie seule la fréquence annuelle moyenne de 0,61 (1875-1887).

1	Nouméa (= Port de France, = Napoléonville)	10	2	Lifou (= Chabrol) (I.)	5
			3	Nou (I.)	1

4. *Nouvelles-Hébrides, Santa-Cruz et Salomon.*

Les Nouvelles-Hébrides paraissent très instables et

sont le théâtre de fréquentes éruptions volcaniques. On est peu renseigné sur les autres îles du groupe, mais il semble qu'elles soient plus stables que les premières.

1	Port Sandwich (Mellicolo)	19	7	Cristoval (San —, I.	1
2	Port Resolution (Tanna)	6	8	Luganville	1
3	Annatom (I.)	4	9	Pentecôte (la —, I.)	1
4	Erromango (I.)	2	10	Praslin (Port —)	1
5	La Vera Cruz	2	11	Sakan et Maskelyne (I.)	1
6	En mer 5° 11′ S — 153° 48′ E.	2			

5. *Fidji, Tonga, Samoa et Tokelau.*

Ces îles paraissent toutes instables, sauf probablement les Fidji. Les séismes s'y compliquent d'éruptions volcaniques.

1	Olosenga (I.)	47	6	Falealilli	1
2	Samoa (I.) (ou des navigateurs)	14	7	Manna (I.)	1
3	Vavaou (I)	4	8	Nina-Fou (I.)	1
4	Toku (I.)	2	9	Tefoa (= Tafahi, I.)	1
5	En mer : 5°S — 172° W	2	10	Tonga (I., ou des amis)	1
			11	Tonga-Tabou (I.)	1

6. *Polynésie.*

En dépit du peu de renseignements obtenus, il est à peu près certain que cet immense archipel est très stable.

Pour mémoire, on rappelle que l'archipel très instable des Sandwich a été étudié aux Etats-Unis, et que l'on ne connaît aucun séisme aux Gallapagos.

1	Tahiti	3	2	Ile du duc d'York	1

7. *Iles éparses autour de la Nouvelle-Zélande.*

A part quelques séismes, les renseignements précis font défaut.

La Nouvelle-Zélande et l'Australie ont été décrites aux colonies britanniques.

1	Raoul (I.)	2
2	Aukland (I).	1
3	Curtis (I., Kermadec)	1
4	Waitangi (Chatam I.)	1
En mer	39° 30′ S — 179° 24′ 52″ W	1
En mer	33° S — 179° W	1

Des terres antarctiques l'on ne sait naturellement rien. L'on y connaît cependant un séisme sous-marin par 67° S-58°22′ W.

Les tremblements de terre paraissent fréquents à l'île Campbell.

8. *Océan Pacifique proprement dit.*

Il ne semble pas qu'il s'y rencontre de régions vraiment instables comme dans l'Atlantique, et une beaucoup moins active navigation ne suffit pas pour laisser supposer qu'on en trouve jamais. Toutefois il paraît en exister une au large du cap Mendocino, mais qui appartient nettement à la Californie.

	°	′		°	′	
1	20	40	N	122	28	E[1]
2*	37		N	141		W
3	43	27	N	128	6	W
4	44	7	N	139	7	W
5*	44	55	N	126	55	W
6	18	2	N	122	26	W
7	8	42	N	130	50	W
8*	20	18	N	147	12	W
9	41	18	N	151	24	W
10*	17	7	N	139	7	W
11	41	55	N	126	55	W
12*	8	42	N	130		W
13*	41	50	N	126	25	W
14	43	13	N	128		W
15	40		N	126		W
16	43	54	N	128	32	W
17	40	25	N	127	37	W
18	à 75 milles du cap Mendocino.					
19	40	24	N	125	50	W
20*	A hauteur du cap Mendocino.					
21*	A 45 milles à l'ouest du cap Mendocino.					
22*	43	27	N	128	6	W
23	29	14	N	133	25	W
24	4	17	N	79	40	W
25	38		S	96		W
26	38		S	76		W
27	5		S	107		W
28	42	32	S	88	45	W
29*	38		S	100		W
30	36	37	S	102	45	W
31	54	57	S	128	34	W
32	26	2	S	95	10	W
33	19	35	S	93	17	W
34*	18	54	S	80	30	W
35	26	3	S	160	39	W

[1] Dans cette liste et les suivantes, les séismes marqués d'un astérique ne se trouvent pas dans Rudolph.

	° ′	° ′		° ′	° ′
36*	25 6 S	175 24 W	46	24 18 S	72 54 W
37	20 13 S	71 18 W	47	30 34 S	72 2 W
38	20 8 S	71 17 W	48	26 48 S	73 42 W
39*	20 40 S	77 22 W	49*	30 22 S	85 5 W
40*	19 28 S	70 29 W	50	44 48 S	79 18 W
41*	19 0 S	70 38 W	51*	51 44 S	160 49 E
42*	10 42 S	79 30 W	52*	22 40 S	122 28 E
43	22 10 S	70 45 W	53*	Entre Juan Fernandez et le Chili.	
44	22 20 S	70 45 W			
45	23 30 S	70 50 W			

II. Océan Indien.

1. *Golfe du Bengale.*

Les îles Andamann et Nicobar très instables, les Maldives et Laquedives, au contraire, très stables, ont été étudiées aux colonies britanniques.

	° ′		° ′		° ′		° ′
1	3 4 N	—	91 22 E	5	8 20 N	—	92 42 E
2	6 40 N	—	86 56 E	6	A 84 milles au NNW de Sumatra.		
3	1 15 N	—	84 6 E				
4	15 6 N	—	88 54 E				

2. *Madagascar.*

En dépit de l'insuffisance des documents, on doit admettre que tout le versant occidental est stable, et que l'activité sismique, faible d'ailleurs, est concentrée sur le versant oriental. On n'y rencontre aucun séisme grave. Provisoirement on peut admettre les valeurs 0,62 et 2,50 pour les fréquences annuelles moyennes de Sainte-Marie-de-Madagascar et de Tananarive respectivement.

1	Tananarive (Antanarivo)	27	4	Fianarantsoa	1
2	Ste Marie de Madagascar	15	5	Tamatave	1
3	Betafo	1			

3. *Les Mascareignes.*

De Maurice et des Comores, l'on ne sait pour ainsi dire rien, mais les probabilités sont pour une grande stabilité. Quant à l'île Bourbon, l'on peut admettre une fréquence annuelle moyenne de 0,18.

1	Bourbon ou la Réunion	9
2	St Denis	3
3	Maurice ou Ile de France	3
4	St Pierre	2
5	Dolomieu (Cratère —, Bourbon)	1
6	Salasie (Bourbon)	1

4. *Iles éparses.*

Des Seychelles et de Rodrigues l'on a aucune information. Cependant on doit les supposer très stables. Il en est de même des îles volcaniques de Saint-Paul et Amsterdam.

5. *Océan Indien proprement dit.*

On y connaît un certain nombre de séismes sporadiques, et l'on peut soupçonner une région d'instabilité au moins relative dans l'ouest et au large de la côte occidentale de Sumatra, de Poelo-Nias à Engano, se prolongeant même au sud de Java ; mais elle appartiendrait plutôt à ces grandes îles.

	°	'		°	'	
1	20		S	67		E
2	23	57	S	57	15	E
3*	30	53	S	41	21	E
4	39		S	107		E
5*	37	50	S	35		E
6	4		S	88		E
7	3	24	S	90	32	E
8	28	52	S	72	8	E
9*	20	12	S	70	30	E
10	22	46	S	83	10	E
11	42	3	S	88	18	E
12	43	54	S	39	0	E
13	2	54	S	86	42	E
14	14	12	S	75		E
15	32		S	32		E
16	6	47	S	101	51	E
17	7		S	100	38	E
18	8		S	100	40	E
19*	9		S	105		E

III. Océan Atlantique.

Les séismes connus sur l'Atlantique sont nombreux, ce qui tient en partie à l'intensité de la navigation dont il est le théâtre, mais non uniquement à cette cause, puisque les lignes si fréquentées qui convergent sur New-York et les bancs de Terre-Neuve n'en présentent pour ainsi dire point. Le plateau sous-marin des Açores paraît assez instable, et même la fosse profonde qui sépare ces îles du Portugal, et où a pris naissance le fameux tremblement de terre de Lisbonne. D'ailleurs les éruptions volcaniques sous-marines ont été fréquentes dans les parages de cet archipel. On reconnaît en outre deux régions sismiques sous- marines très instables en plein océan, l'une autour du rocher Saint-Paul, l'autre à l'est de celle-ci, toutes deux à 4 degrés de part et d'autre de l'équateur. La plus orientale a présenté plusieurs fois des indices non équivoques d'éruptions sous-marines, et on lui donnera le nom de région de Daussy, de l'ingénieur hydrographe qui l'a le premier signalée. L'une et l'autre sont entourées d'abîmes de 4 à 6000 mètres. Le fait seul qu'on ait pu calculer leurs sismicités respectives de 618 et 831 km., indique bien qu'on se trouve là en présence de régions très instables, ces chiffres, en raison des hasards de la navigation, ne pouvant qu'être extrêmement erronés par défaut.

Les Bermudes, les Açores, Madère, les Canaries et les Caboverdiennes ont été étudiées aux colonies anglaises, espagnoles et portugaises.

Il ne reste plus qu'à donner les listes des points où des séismes ont été observés.

1. *Atlantique du Nord.*

	° ′	° ′		° ′	° ′
1	57 N	40 20 W	2	58 17 N	32 25 W

2. *Plateau des Açores ou Atlantique central oriental.*

	° ′	° ′		° ′	° ′
1*	40 lieues à l'ouest de Lis-		15	39 50 N	14 20 W
		bonne.	16	29 N	23 48 W
2*	30 N	11 W	17	21 16 N	31 19 W
3*	à 1 jour de navigation à		18	35 N	20 W
	voiles à l'ouest de Lisbonne.		19	32 41 N	39 50 W
4*	31 40 N	42 10 W	20*	31 25 30 N	41 42 30 W
5*	27 N	28 47 W	21	23 8 N	34 38 W
6	38 57 N	25 57 W	22*	37 21 N	23 51 W
7	35 N	34 5 W	23*	29 55 N	35 3 W
8	38 45 N	36 31 W	24*	36 33 N	20 44 W
9[1]	38 23 N	34 10 W	25	34 34 N	19 19 W
		(2 sec.)	26	33 N	18 42 W
10	38 9 N	31 55 W	27	27 39 N	43 54 W
11	25 23 N	48 15 W	28	37 24 N	16 55 W
12	35 47 N	8 22 W	29	44 49 N	25 30 W
13	31 57 N	38 24 W	30	44 56 N	25 15 W
14	31 N	40 W	31	37 32 N	13 32 W

3. *Atlantique, entre les Canaries et les Guyanes.*

	° ′	° ′		° ′	° ′
1*	7 N	16 W	7	20 5 N	21 0 W
2*	8 N	33 40 W	8	8 45 N	40 28 W
3	8 N	36 W	9	3 47 N	44 23 W
4	18 18 N	20 30 W	10*	18 2 N	21 0 W
5*	14 N	34 W	11*	17 4 N	26 26 W
6	20 43 N	19 13 W	12*	17 N	26 48 W

4. *La fosse Atlantique à l'extérieur des Antilles.*

	° ′	° ′		° ′	° ′
1*	19 21 N	64 22 W	5	36 44 N	59 47 W
2*	19 31 N	64 22 W	6*	23 30 N	56 W
3	18 50 N	61 30 W	7*	15 3 N	45 11 W
4*	20 4 N	67 45 W	8*	30 57 N	69 W

[1] Quand on indique 2, 3 ou 4 secousses, c'est qu'il s'agit de séismes différents, et non de vibrations successives d'un même séisme.

	° ′	° ′		° ′	° ′
9	16 30 N	54 30 W	14	21 6 N	61 44 W
10	17 34 N	55 49 W	15	21 6 N	56 48 W
11	26 55 30″ N	61 22 30″ W	16*	17 38 N	46 45 W
12	19 16 N	57 51 W	17	26 2 N	63 19 W
13	23 21 N	64 44 W			

5. *Rocher Saint-Paul.*

	° ′	° ′		° ′	° ′
1	0 54 N	26 50 N	18*	1 7 N	26 14 W
2	0 45 N	26 30 W	19*	0 53 N	27 1 W
					(2 sec.)
3	1 30 N	25 30 W	20	1 38 N	27 40 W
4	3 S	30 W	21	0 37 N	25 58 W
5*	0 55 N	29 28 W	22	0 27 N	27 58 W
6	0 40 N	29 20 W	23*	0 9 S	27 32 W
7*	0 25 N	28 40 W	24	0 57 N	29 26 W
		(2 sec.)			
8	1 11 N	28 40 W	25	1 27 N	26 30 W
9	1 8 40″ N	27 35 21″ W	26*	0 27 30″ N	28 34 W
10*	0 46 N	29 6 W	27	0 50 N	29 54 W
11	2 34 W	31 11 W	28	0 57 N	28 57 W
12	0 39 S	27 10 W	29	3 0 N	27 0 W
13	0 48 N	28 38 W	30*	4 N	32 30 W
14	0 52 N	28 18 W	31	3 48 N	32 30 W
15	1 14 N	28 12 W	32	0 30 N	25 48 W
16*	1 15 N	25 30 W	33*	1 (N ou S ?)	27 17 W
17	1 3 N	27 50 W			

6. *Région de Daussy.*

	° ′	° ′		° ′	° ′
1	1 35 S	17 50 W	17	0 40 N	19 30 W
2	0 20 S	20 50 W	18	0 17 S	18 30 W
3	0 20 S	21 W	19	0 25 S	20 9 W
4*	0 23 S	21 30 W	20*	2 21 N	19 4 W
5*	0 20 S	22 W	21*	0 42 S	18 5 W
6*	2 43 S	22 55 W	22	0 56 S	22 28 32″ W
7*	0 32 S	20 6 W	23	0 10 S	19 15 W
					(3 sec.)
8*	0 22 15″ S	21 6 30″ W	24	1 18 S	24 14 W
					(2 sec.)
9	0 22 S	18 55 W	25	0 51 N	23 24 W
10	0 57 S	23 19 W	26	0 0	19 W
11	1 35 S	20 45 W	27*	3 N	22 W
					(2 sec.)
12*	0 40 S	20 10 W	28	0 30 S	18 7 26″ W
13	0 57 S	20 47 W	29*	0 23 30″ N	18 12 W
		(4 sec.)			(2 sec.)
14	1 7 S	21 21 W			
15	3 30 S	24 30 W			
16*	1 19 N	19 W			

	° ′	° ′		° ′	°
30*	0 28 S	21 29 W	35	0 23 N	17 42 W
31	0 13 N	20 51 W			(1 sec.)
32	1 18 S	19 48 W	36*	1 10 N	24 W
33	1 N	22 8 W	37	0 48 S	20 54 W
34	3 20 S	20 25 W	38	4 48 S	18 12 W
			39*	2 24 N	24 18 W

7. *Atlantique du Sud.*

1	St-Hélène		8	8*	20°30′ S	20°16′ W
2	Tristan d'Acunha		4	9	30 S	14 W
3	Ascension		2	10	35 50 S	40 21 W
4*	42° ′ S	22°47′ W		11	17 30 S	24 12 W
5*	29 S	30 57 W				(2 sec.)
6	19 S	3 10 W		12	19 30 S	17 12 W
7	12 20 S	14 14 W				(2 sec.)
		(2 sec.)		13	39 36 S	52 48 W

IV. Les Méditerranées.

On comprend dans ce chapitre les mers fermées qui prennent le globe d'écharpe, c'est-à-dire la Méditerranée, la mer des Antilles et la mer de Chine, les deux premières constituant une dépression fondamentale de l'écorce terrestre qui, à des époques géologiques antérieures, s'étendait beaucoup plus vers l'orient, jusqu'en Perse et dans l'Inde.

1. *Méditerranée orientale.*

1	36°12′ N	21° ′ E	4	Mer Adriatique.
2	35 30 N	22 47 E	5	Épicentres dans le SE de la Méditerranée.
3	36 40 56″ N	13 44 30″ E	6	

2. *Méditerranée occidentale.*

1	Entre la Sardaigne et la côte d'Afrique.	2	36°16′ 18″ N	2°32′ E
		3	37 22 N	6 19 E

3. *Mer intérieure des Antilles.*

1	A 210 milles (st.) de la Jamaïque.	3	14°	N	67°	W
2	En vue des îles Viéques.	4	17	N	75	W

4. *Mer de Chine.*

1	12°56′ N	114°46′ E	2	6° 0′ N	106°54′ E

On a ainsi un total de 259 séismes exclusivement sous-marins.

Vannes, le 2 mars 1901.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

MATHÉMATIQUES

H. WEBER. DIE PARTIELLEN DIFFERENTIALGLEICHUNGEN DER MATHEMATISCHEN PHYSIK. ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES PARTIELLES DE LA PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. (1er Band, 506 p., Vieweg, Braunschweig, 1900).

L'ouvrage que nous signalons aux lecteurs des *Archives* se présente comme une réédition, sur un plan beaucoup plus vaste, des excellentes leçons de Riemann sur les équations aux dérivées partielles rédigées par Hattendorff et dont trois éditions successives n'ont pas épuisé le succès. L'ouvrage primitif se proposait d'initier l'étudiant, avec un minimum de connaissances antérieures, aux méthodes d'intégration des équations de la physique mathématique. On n'y trouvait, outre les principes indispensables de calcul intégral, qu'un ensemble relativement restreint de questions empruntées à la théorie analytique de la chaleur, à l'électricité et l'hydrodynamique. M. Weber a étendu ce plan dans une proportion considérable, ou plutôt a composé un ouvrage complètement nouveau, en donnant beaucoup plus d'ampleur aux théories mathématiques et en faisant rentrer dans le cadre des questions traitées, l'électricité et le magnétisme. Le livre comprend ainsi deux volumes, dont le premier, le seul paru, est à lui seul plus considérable que l'ancien.

Il se divise en trois parties contenant les principes de géométrie et de mécanique, puis les applications physiques, électrostatique, magnétisme, électrocinétique, électrolyse et mouvement de l'électricité dans les conducteurs à deux et trois dimensions. Le but de l'auteur est avant tout mathématique ; les courtes indications faites au point de

vue physique n'ont aucune prétention à être complètes et veulent seulement fixer le sens des questions mathématiques résolues. D'autre part, pour conserver dans la mesure du possible un caractère élémentaire à son ouvrage, l'auteur a évité d'aborder des questions trop abstraites comme celles relatives à l'existence des solutions.

Ce livre ne s'adresse plus tout à fait au même public que son prédécessenr. Il ne peut manquer de plaire aux physiciens qui désirent se mettre au courant des procédés de la physique mathématique ; les mathématiciens de leur côté seront heureux de retrouver ici les qualités si remarquables qui distinguent toutes les productions de l'éminent auteur.

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

C. Hartwich et E. Dünnenberger. Sur une écorce d'alcornoco introduite dans le commerce comme jaborandi et sur les écorces d'alcornoco en général (*Arch. der Pharm.* 238, 341-52, 25/7 [29/5], Zurich).

Le produit étudié est exempt d'alcaloïde et a été identifié avec l'écorce d'alcorno. Il renferme 16 % de matière tannante. Cette dernière fournit à la distillation sèche de la pyrocatéchine, et, par fusion avec KOH de l'acide protocatéchique. Le perchlorure de fer la précipite avec une coloration vert sale.

Les auteurs ont étendu leurs recherches à d'autres spécimens de la même famille. En partant de l'écorce d'alcorno proprement dite, ils ont pu isoler l'alcornine de Biltz et Frenzel (F. 205° : P. R — 33.83°) pour laquelle l'analyse les a conduits à la formule $C_{22}H_{34}O$. D'après eux, l'alcornine serait un alcool du type $C_nH_{2n-11}OH$ et devrait être appelée alcornol. Avec cort. bowdichiæ majoris, ils n'ont pas obtenu d'alcornine, mais un corps phénolique. Cort. sebipiræ et cort. sicupiræ leur ont fourni une combinaison présentant les réactions des alcaloïdes.

J. WERDER. DOSAGE DU MERCURE DANS L'URINE (*Z. anal. chem.* 39, 358-59, St-Gall).

L'auteur prouve que dans la méthode de Schumacher et Jung (*Z. analy. Ch.* 39, 12; C. 1900, I, 516) la perte pondérale subie par le tube à amalgamation provient réellement du mercure éliminé. Pour cela il met l'appareil en relation avec un second tube où le métal volatisé vient se déposer, et où, à l'aide d'un fragment d'iode, il le convertit en HgJ_2 rouge.

A. KLETT. RECHERCHE DE L'INDICAN DANS L'URINE PATHOLOGIQUE (*Chem. Ztg.* 24, 690, 15/8, Bâle).

On additionne 10 cc. d'urine de 5 cc. d'acide chlorhydrique à 25 °/o, d'un cristal de persulfate d'ammoniaque et d'un peu de chloroforme. Ce dernier se colore en bleu, si le liquide examiné renferme de l'indican.

A. GOCKEL. SUR LES RELATIONS EXISTANT ENTRE LA POLARISATION ET LA DENSITÉ DE COURANT DANS LES SELS SOLIDES ET FONDUS (*Z. physik. Ch.* 34, 529-58, 7/9, Fribourg).

L'auteur a effectué ses recherches avec l'iodure de cadmium (300-325°), l'iodure de plomb (380-406°), le bromure de plomb (364-378°), le chlorure de plomb (420-436°), le bromure de bismuth (234-302°) et l'iodure de mercure (229-250°).

Il a comparé les valeurs trouvées pour la polarisation avec celles qui sont calculées d'après la formule de Wiedeburg ou de Planck, et il constaté que, dans beaucoup de cas, la concordance avec la formule logarithmique était meilleure qu'en procédant suivant celle de Wiedeburg.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 5 décembre 1900.

B. Galli-Valério. L'état actuel de nos connaissances sur la Malaria. Lampe à formaline. — C. Bührer. Le climat de la Haute-Savoie.

M. Bruno Galli-Valério fait une conférence illustrée de nombreuses projections sur la *Malaria.*

Il présente ensuite une lampe à formaline de son invention destinée surtout à désinfecter les ruches atteintes de la locque.

M. C. Buhrer présente le résultat de ses *études comparatives à la Haute-Savoie*, lesquelles relèvent une température excessive (dans le sens météorologique, étés chauds, hivers froids). En outre le pays est bien arrosé, incliné qu'il est dans le sens des grands courants venant du sud-ouest. Le nombre des jours de pluie n'est pas plus considérable que chez nous, mais il tombe plus d'eau au sud du Léman qu'au nord. Les orages, par contre, et les jours orageux sont plus nombreux dans la Haute-Savoie que dans la Suisse romande.

La température moyenne d'Annecy correspond à celle de Montreux. L'été y est beaucoup plus chaud (au maximum 36°7), l'hiver plus froid. La température du lac d'Annecy est exactement celle du lac Léman prise au port de Genève ; les extrêmes, par contre, sont beaucoup plus considérables.

Séance du 19 décembre.

Th. Biéler. Modelé glaciaire et Drumlins de la plaine vaudoise. — A. van Muyden. Le régime du Léman et de ses affluents. — G. Rey. Pétrole pour cheveux.

M. Théodore Biéler présente une étude accompagnée de cartes manuscrites, sur le *modelé glaciaire* et le *paysage drumlinique* de la plaine vaudoise.

L'auteur distingue trois formes principales du relief topographique dues à un modelé glaciaire et apparaissant soit isolées, soit en groupes caractéristiques :

1° *Le paysage morainique* au sens de Desor, composé de moraines terminales et de talus morainiques de retrait (pied du Jura au dessus de Nyon et sur le plateau Burtigny-Gimel ; — région Rolle-Pampigny-Lausanne, avec succession de talus morainiques arqués à l'instar des moraines déposées pendant le recul du front d'un glacier actuel, les frontales espacées et les riveraines correspondantes presques soudées).

2° *Le paysage mamelonique* formé par l'association des collines isodiamétriques communément appelées *mamelons*. (Région Vevey-Clarens.)

3° *Le paysage drumlinique.* Groupement de collines allongées, donc inéquiaxes, connues dans le pays sous le nom de *crêts*, les uns entièrement rocheux, d'autres à noyau de molasse recouvert d'une calotte de diot à blocaux, d'autres enfin uniquement composés de moraines de fond.

M. le prof. Baltzer a appliqué, en juin 1900, aux crêts groupés près d'Arnex-Pompaples, le terme de *Drums* ou *Drumlins*, mot celtique utilisé en Irlande ponr désigner les innombrables « dos de baleines » amas ovoïdes de diot, qui recouvent les aires autrefois glaciées, autour d'*aires centrales de dispersion* mamelonnées. Ce nom introduit dans la nomenclature géologique en 1877 par M. Close, s'appliquerait, d'après M. le Dr Früh, aux formes identiques trouvées en Ecosse, Amérique du Nord, etc., en un mot

dans tous les pays autrefois glaciés, en deçà des moraines de la troisième extension. D'origine encore assez problématique, ces accumulations de moraines de fond groupées en grands « troupeaux », semblent toutefois dûes à un ralentissement de la marche des glaciers et seraient comparables aux bancs de sable des rivières. En Suisse, M. Früh a montré leur présence dans la zone subalpine du N-E et le bel éventail qu'elles dessinent autour du Bodensee.

Dans l'area de l'A. Gl. du Rh. ils ne manquent pas non plus. Ceux d'Arnex-Pompaples ne représentent guère que le quart d'un véritable fleuve, long de 25, large de 12 km., paraissant couler SSW-NNE dans le bassin de la Venoge et celui de l'Orbe. Il y en a également à l'est de Lausanne, autour du lac de Bret et autour du lac de Lussy près Châtel-Saint-Denis. Leur direction paraît conforme à celle des stries glaciaires observées sur la roche en place des localités respectives; circonstance qui s'applique également à une ligne de drums côtière du Léman à Lavaux. La région mamelonnée de Vevey semble avoir joué le rôle d'une *aire de dispersion* autour du Mont-Pélerin. Dans leur ensemble nos drums montrent, comme leurs congénères du Bodensee, une disposition palmée autour du Léman.

Nos crêts semblent donc bien posséder les caractères propres aux véritables drums, sauf que, dans notre pays, les aspérités du lit du glacier paraissent avoir influé bien plus qu'ailleurs sur la localisation des amas ovoïdes de diot, se laissant parfois modeler en crêts uniquement rocheux.

L'auteur ne peut aborder ici une discussion approfondie du sujet, et l'examen de nombreux points de détails qui feront l'objet d'un prochain mémoire.

M. Aloys van Muyden fait une communication sur *le régime du lac Léman et de ses affluents, au cours de la période de décembre de* 1890 *à* 1899.

Après avoir rappelé que le régime artificiel de l'émissaire, créé par la Convention intercantonale du 17 décembre 1884, a été inauguré en 1889 et que la première année

a servi de transition, M. van Muyden analyse diverses statistiques de jaugeages et en déduit le tableau ci-dessous :

Fluctuations saisonnières de l'année moyenne décennale.

(Volumes exprimés en mètres cubes par seconde)

Mois	Hauteurs limnimétriques au-dessus Z. L. (Sécheron)	Crue ou baisse du lac : (écarts en cm.)	Volume accumulé ou prélevé	Volume des apports du Rhône	Volume des apports des affluents intermédiaires	Volume des apports Totaux	Débit de l'émissaire
	m.	cm.	m³	m³	m³	m³	m³
Janvier....	1,500 / 1,349	— 15,1	— 32,6	45,2	47,1	92,3	124,9
Février....	1,349 / 1,229	— 12,0	— 28,7	44,1	56,3	100,4	129,1
Mars.......	1,229 / 1,173	— 5,6	— 12,1	51,4	87,8	139,2	151,3
Avril......	1,173 / 1,200	+ 2,7	+ 6,0	67,8	137,1	204,9	198,9
Mai........	1,200 / 1,413	+ 21,3	+ 46,0	131,8	144,2	276,0	230,0
Juin.......	1,413 / 1,709	+ 29,6	+ 66,0	330,3	111,7	442,0	376,0
Juillet.....	1,709 / 1,736	+ 2,7	+ 5,8	425,3	74,1	499,4	493,6
Août......	1,736 / 1,735	— 0,1	— 0,2	367,3	90,9	458,2	458,4
Septembre .	1,735 / 1,677	— 5,8	— 12,9	230,1	87,4	317,5	330,4
Octobre....	1,677 / 1,669	— 0,8	— 1,7	103,4	94,8	198,2	199,9
Novembre..	1,669 / 1,591	— 7,8	— 17,4	63,1	79,0	142,1	159,5
Décembre..	1,591 / 1,464	— 12,7	— 27,4	45,8	50,0	95,8	123,2
Moyennes..	1,500	— 3,6	— 0,7	158,8	88,4	247,2	248,0
Z. L.......	373,860						
Haut. moy. du lac :	375,360						

Remarques. — Les chiffres de la colonne 2 ont été obtenus en prenant la moyenne de dix hauteurs limnimétri-

ques, relevées le premier jour de chaque mois de la période.

Les chiffres de la colonne 3 indiquent, en corrélation avec la colonne 2, la crue ou la baisse du lac, du 1er jour d'un mois au 1er du mois prochain.

Le Bureau topographique fédéral a fixé en dernier lieu à 376m,86 l'altitude du repère du Niton (précédemment 376m,50). Le zéro limnimètre du Léman (Z. L), qui est de 3m en contre-bas de ce point, est donc à la cote de 378m,860.

La période décennale comprend deux années anormales celle de 1894, basses eaux exceptionnelles (débit moyen de l'émission 182m,35 par seconde) et celle de 1897, hautes eaux exceptionnelles (débit 32m³,4).

M. G. Rey, prof. à Vevey, communique le résultat de l'analyse d'un *pétrole pour les cheveux* qu'il a été chargé d'examiner.

Ce liquide, de provenance française, portant sur l'étiquette les attestations les plus flatteuses de la faculté, était une simple dissolution à 5 % de sel de cuisine, colorée en jaune par du méthylorange, parfumée avec une huile essentielle et quelques gouttes, mais bien peu, de pétrole.

Séance du 9 janvier 1901.

F.-A. Forel. La thermique du Léman. — Maurice Lugeon. Stries glaciaires du tunnel de Chexbres. Vallées transversales de sortie des Alpes occidentales.

M. F.-A. Forel a fait dans l'année 1900, *quatre séries de sondages thermométriques* devant Ouchy. Ils ont donné les chiffres suivants :

Profondeur	12 Mars	7 Mai	16 Août	14 Novembre
0m	6.9°	13.8°	19.1°	11.6°
6	6.2	11.0	17.6	—
10	6.1	8.0	16.8	—
15	6.0	7.1	12.6	—
20	5.8	7.7	9.8	11.6
30	5.9	7.5	8.1	8.8
40	5.9	6.3	6.9	7.5
60	5.8	6.0	6.2	6.5
80	5.8	5.8	5.9	6.1
100	5.8	5.8	5.8	6.0
150	5.8	5.8	5.8	5.8
280	5.8	5.3	5.5	5.4
305	5.1	5.2	5.3	5.3

Outre les faits généraux déjà connus de la thermique lacustre, M. Forel signale dans ces séries :

1° La pénétration de la chaleur estivale qui, tandis que la grande masse du lac restait à 5.8°, est constatable jusqu'à 50 m. de profondeur en mars, à 60 m. en mai, à 80 m. en août, à 100 m. en novembre.

2° L'existence d'une nappe d'eau très froide dans les grandes profondeurs, nappe qui s'est relevée de 5.1° à 5.3° dans le courant de l'été ; qui a été reconnaissable dans la couche de 305 m. pendant tout l'été, et dans la couche de 280 m. dans les mesures de mai à novembre. Cette nappe d'eau froide provient des eaux littorales surrefroidies pendant l'hiver, qui, par suite de leur plus grande densité, se sont écoulées le long des talus du lac jusqu'au fond de la cuvette.

M. Maurice Lugeon annonce que dans un élargissement de la tranchée du chemin de fer à l'entrée nord du tunnel de Chexbre, une surface de mollasse a été mise à jour. On y voit des *stries glaciaires* très nettes, dirigées sensiblement sud-nord, indiquant l'incurvation de la marche du glacier du Rhône dans la direction de la Broye. Cette orientation est sensiblement celle des collines glaciaires (Drummling) des environs du lac de Bret.

M. Maurice LUGEON fait une communication *sur les vallées transversales des Alpes* en résumant la première partie d'un manuscrit envoyé en concours à l'Académie des Sciences de Paris et couronné par elle du prix de géographie physique (fondation Gay 1900). M. Lugeon démontre que les vallées transversales de sortie des Alpes occidentales correspondent avec des influxions synclinales transverses, dans toutes les vallées subalpines de Grenoble à l'Arve. C'est le cas du moins dans les vallées creusées dans des régions de plis simples et réguliers. Dans les nappes de charriage, qui n'ont pas subi de plissements intenses postérieurs à leur déplacement, ou dans les grands plis couchés, les vallées ont une position quelconque (Arve, Drance supérieure, Rhône, entre St-Maurice et Martigny). Elles doivent leur emplacement à des conditions spéciales de la surface structurale non relevée par la structure des couches. Quelques cas (Senmoz, montagne du Gros Faoug) ne peuvent guère être expliqués que par la théorie de l'antécèdance.

Un résumé du manuscrit de l'auteur est en impression dans les *Annales de Géographie*.

Séance du 23 janvier

Constant Dutoit. Sur le spectre infra-rouge des dissolutions de iode. — H. Dufour et C. Bührer. Observations actinométriques en 1900. — H. Amstein. Sur les courbes d'égale longueur. — F. Gautschy. La flore des sièges de cabinets d'aisance.

M. Constant DUTOIT présente une étude très complète sur le spectre infra-rouge des dissolutions de Iode. (Voir les mémoires du *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 1901.)

MM. C. BUHRER et Henri DUFOUR. *Observations actinométriques.*

Les mesures actinométriques ont été faites à Clarens et à Lausanne en 1900 comme les années précédentes et avec les mêmes instruments; elles sont donc comparables, c'est

pour cela qu'il y a quelque intérêt à mettre en parallèle les résultats de cinq années d'observations faites jusqu'ici. Le tableau indique pour chaque mois la valeur de l'intensité du rayonnement solaire observé à Clarens et à Lausanne entre 12 h. et 1 h. toutes les fois que les circonstances l'ont permis. Chaque chiffre est la moyenne de plusieurs observations faites à des dates différentes du même mois. La dernière colonne donne la moyenne mensuelle déduite de cinq années 1896-1900 : l'instrument employé est l'actinomètre de M. Crova.

Mois	**1896**	**1897**	**1898**	**1899**	**1900**	Moyenne des 5 ans
Janvier	0.790	0.815	0.740	0.79	0.79	0.79
Février	0.786	0.875	0.865	0.87	0.82	0.84
Mars	**0.886**	0.920	0.870	0.89	**0.90**	0.89
Avril	0.882	**0.960**	**0.940**	**0.93**	0.87	**0.91**
Mai	0.870	0.890	0.890	0.92	0.78	0.84
Juin	0.853	0.850	0.900	0.81	0.82	0.85
Juillet	0.854	0.860	**0.920**	0.81	0.87	0.86
Août	0.870	**0.910**	0.860	0.84	**0.91**	**0.88**
Sept.	0.867	0.910	0.840	0.85	0.84	0.86
Octobre	**0.885**	0.840	0.830	**0.89**	0.88	0.87
Novembre	0.882	0.780	0.760	0.83	0.82	0.81
Décembre	0.803	0.790	0.820	—	0.72	0.78
Année	0.852	0.869	0.860	0.850	0.835	0.848

On constate chaque année deux maxima, l'un au printemps tombe en *mars* ou *avril* : l'autre plus variable en date oscille entre *août* et *octobre*. D'après les cinq années d'observation ces deux maxima seraient en moyenne en *avril* et en *août*. Le minimum d'intensité de rayonnement solaire est naturellement en décembre quand la couche d'air traversée est la plus épaisse. En outre on voit que mai a une faible insolation qui ne dépasse pas celle de février. Il résulte de ces observations que dans nos régions l'insolation ne dépasse que rarement $0^{cal}.85$ (c. g. d.) par minute et par centimètre carré, lorsque la couche d'air traversée est la plus faible possible. La transparence actinique de l'air au printemps se constate au bord du Léman comme à Montpellier et en Russie.

On a observé quelquefois plus de 1 cal. gr. degré. Ainsi en 1897, en avril 1.03: en 1898, en juillet 1.02 ; en 1899, en octobre 1,10 et en 1900, en août 1.02. Ces chiffres sont rares en plaine. Aux Rochers de Naye à 2000 mètres d'altitude, on a noté une fois en janvier 1cal.26.

Pendant l'année 1900, le nombre des heures de soleil s'est élevé à Lausanne à 1783.5, ce chiffre est notablemant inférieur à la moyenne des 10 années 1886 à 1895 qui est de 1931.3.

M. AMSTEIN présente une étude sur une certaine espèce de *courbes d'égale longueur*. Le problème dont il s'occupe est le suivant : Etant donnée une fonction homogène, quelle est la courbe dont la longueur de chacun de ses éléments n'est pas modifiée par la représentation conforme attachée à cette fonction ? Le problème est de ceux qu'on rencontre naturellement sur son chemin dès que l'on aborde l'étude des représentations conformes. M. Amstein parcourt rapidemement les représentations conformes les plus élémentaires en signalant, dans chaque cas particulier, les courbes d'égale longueur. Il indique, entre autres, le moyen de trouver une infinité de courbes ayant la même longueur que la lemniscate, longueur donnée comme on sait, par une intégrale elliptique.

M. F. GAUTSCHI a fait quelques recherches *sur les parasites des sièges de cabinets d'aisance*. Au moyen de petits tampons de ouate stérilisés et humides il recueillait, en les frottant légèrement sur le bord antérieur du siège, une petite quantité de matériel qui était examiné à frais ou servait à faire des cultures et des inoculations.

Il ressort de cette étude que ce sont précisément les espèces habitant les voies digestives et générales qui ont été trouvées le plus fréquemment. Ainsi, parmi les hôtes de l'intestin, l'auteur a obtenu le bact. coli commune dans 64 % des cultures, le bact. lactis ærogenes 28 %, le bact. subtilis 36 %, le bact. subtiliformis 28 %, le bact. albuminis 44 % et le coprogène parvus de Bienstock 32 %

ce sont également les espèces souvent décelées dans l'urètre et les écoulements vaginaux qui ont été retrouvés sur les sièges. Le gonocoque ou une forme atténuée a été cultivée trois fois, avec un matériel provenant des latrines d'un hôpital et fréquentées par des bleunoragiques. Les Micrococcus pyogenes aureus et albus se sont développés 17 fois sur 25 observations, le streptococcus pyogenes 11 fois.

Les surcines sont assez fréquentes, mais ainsi que beaucoup de saprophytes, elles sont très atténuées. Quant à la virulence de ces micro-organismes, elle a été démontrée par des inoculations à des cobayes qui ont donné sur 25 inoculations.

8 fois un résultat négatif.

5 fois une légère tuméfaction qui guérit en peu de jours.

6 cobayes ont eu des asenites non suppurées.

4 cobayes ont eu des abcès surtout à cobibucille.

2 fois la mort a été constatée; aucun cas de tuberculose.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIETE DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENEVE

Séance du 21 février 1901.

J. Briquet. Observations sur des vestiges de l'époque glaciaire en Corse. — Prevost et Battelli. Restauration du cœur du chien paralysé par l'asphyxie. — Duparc et Pearce. Sur les pyroxénites du Kosswinsky-Kamen.

M. John Briquet rend compte des observations qu'il a faites sur des *vestiges de l'époque glaciaire en Corse.* (Le travail de M. Briquet paraîtra prochainement *in extenso* dans les *Archives.*)

MM. Prevost et Battelli rendent compte de quelques expériences relatives à la *restauration du cœur du chien paralysé par l'asphyxie produite par ligature de la trachée.*

Dans une précédente communication, M. Battelli a montré que l'application directe d'un courant alternatif de 240 volts associé au massage pouvait faire rebattre le cœur du chien mis en trémulations fibrillaires. Il avait toujours observé que le cœur des chiens asphyxiés par ligature de la trachée offrait au moment du massage restaurateur des trémulations fibrillaires persistantes à moins qu'on ne le soumît à l'influence de l'électricité.

Récemment M. Prus a publié un mémoire dans lequel il a observé que chez les chiens asphyxiés, le simple massage du cœur, accompagné de la respiration artificielle, réussit la plupart du temps à rétablir les contractions rythmiques du cœur, qui ne se met pas, sauf dans des cas exceptionnels, en trémulations fibrillaires, sous cette influence.

Nous avons cherché la cause de cette différence entre les résultats obtenus par M. Battelli et par M. Prus.

Il résulte de nos expériences que chez plusieurs chiens qui étaient en digestion, le cœur se remit par le simple massage; ce qui n'était jamais arrivé chez les chiens que nous opérions auparavant, à jeun. Il est possible que les expériences de M. Prus aient été faites, contrairement à celles de M. Battelli, sur des chiens en digestion, et que cette circonstance soit la cause de la différence des résultats.

Nous avons l'intention de continuer ces expériences et de rechercher quelles sont les substances nutritives auxquelles on pourrait attribuer cette action : nous communiquerons ultérieurement nos résultats à la Société.

Ces expériences nous ont permis asssi de constater des faits favorables à la théorie de l'automatisme des centres respiratoires.

Quand, à la suite du massage du cœur associé à la respiration artificielle, on voit réapparaître progressivement les fonctions cérébro-spinales, ce sont toujours les mouvements respiratoires qui réapparaissent les premiers, faibles d'abord, et de plus en plus accentués. Ils offrent dès le début un rythme régulier, d'abord lent, qui s'accélère peu à peu.

Les mouvements réflexes ne réapparaissent que bien des minutes plus tard. La dilatation de la pupille cesse d'abord, puis réapparaît généralement en premier lieu le réflexe patellaire, puis le réflexe cornéen, enfin, le réflexe nasal qui précède quelquefois celui-ci. Signalons en passant une contraction spasmodique unilatérale de l'orbiculaire des paupières provoquée par l'excitation des fosses nasales du même côté au moyen d'une sonde introduite dans le nez.

Enfin le réflexe inhibiteur du laryngé supérieur apparaît en dernier lieu.

On peut dire en résumé que les mouvements respiratoires régulièrement rythmiques existent à un moment où l'on ne peut constater aucun mouvement réflexe.

M. le professeur L. Duparc présente une communication sur les *pyroxénites du Kosswinsky-Kamen*. Le massif

du Kosswinsky exploré par lui l'an dernier, est situé dans le Rasteskaya-Datcha, près de la ligne de partage des eaux asiatiques et européennes. Il est formé par un dôme rocheux, qui s'élève de 1570 mètres environ au-dessus de la mer, et qui est étroitement lié pétrographiquement et géologiquement aux massifs voisins de Katechersky-Tilaï.

Un profil levé perpendiculairement à la direction des chaînes depuis la ligne de partage à la rivière Tilaï, montrerait la configuration suivante :

1° Ligne de partage à l'altitude de cinq à six cents mètres constituée par la montagne de Kittlim (640 m.), elle est formée par des gabbros ouralitisés.

2° Kosswinsky-Kamen dont le sommet atteint 1570 mètres. Il est formé par des pyroxénites à olivine.

3° Arête rocheuse, suivant le Kosswinsky vers l'ouest, dont le sommet atteint 900 mètres. Elle est constituée par des gabbros à olivine de types variés. Entre le Kosswinsky et la dite arête existe une dépression boisée.

4° Nouvelle arête à l'Ouest de la précédente, à l'altitude 740 mètres environ. Le vallon compris entre ces deux arêtes délimite les sources de la rivière Sosnowka. Cette arête est constituée par des diabases dynamo-métamorphosés.

5° Série d'ondulations du sol, de la dite arête à la rivière Tilaï, entièrement comprises dans les schistes cristallins.

La présente note qui sera suivie de plusieurs autres, a pour but de faire connaître la constitution pétrographique de la roche si intéressante du Kosswinsky.

Celle-ci appartient à la catégorie des pyroxénites, elle est très basique, toujours massive : plus ou moins grossièrement grenue, de couleur verte ou noirâtre. Sur le terrain, cette roche forme un entassement chaotique de blocs énormes couvrant toute la surface du Kosswinsky-Kamen, ces blocs proviennent de pitons en place démantelés par l'érosion atmosphérique. Toute la montagne forme un vaste désert de pierres qui se distingue à partir de la hauteur de 800 mètres, point où cesse la végétation.

Au microscope les éléments constitutifs de ces roches sont les suivants : Diallage. Olivine. Hornblende. Magnétite, Spinelle chromifère.

Le *diallage* forme l'élément prédominant. Les cristaux sont courts, trapus, on y distingue les clivages m = 110 assez rarement les plans de séparation h^1 = 100. Les inclusions de grains et lamelles opaques sont rares. Incolore en lames minces légèrement coloré et lames épaisses, dans ce cas verdâtre. Sur g^1 = 010 ng s'éteint à 41° en moyenne, plan des axes parallèles g^1 = 010, bissectrice aiguë = ng 2 V = 54°, ng-np = 0,024, ng-nm = 0,022, nm-np = 0,006, dispersion $\rho < V$.

Olivine plus réduite, en grains arrondis et incolores, presque toujours craquelés. Signe optique positif 2 V au-delà de 80 ng-np = 0°,03, ng-nm = 0,020, nm-np = 0,016.

Hornblende. Cet élément est fréquent mais ne se trouve jamais en grande quantité. Il est toujours associé à la magnétite. Clivages m = 100, allongement positif, plan des axes parallèle à g^1 = 100.

Sur g^1 α = 22° pour ng, ng-np = 0,022 signe optique négatif. Polychroïsme pas très prononcé ng = vert sale, brunâtre nm = brun sale np = brun jaunâtre presque incolore.

Magnétite généralement fort abondante, en plages liant les précédents. Les *spinelles chromifères* en grains vert foncé, plutôt rares, sont toujours emprisonnées dans les plages de magnétite.

La structure de ces pyroxènites est fort curieuse : Tout d'abord au point de vue de l'ordre de consolidation on peut dire que le pyroxène et l'olivine sont à peu près contemporains. Ces deux minéraux sont fréquemment idiomorphes, il est vrai que parfois le pyroxène moule l'olivine ; mais on trouve aussi le premier de ces éléments inclus dans le second. Par contre la hornblende et la magnétite sont nettement allotriomorphes. Rarement le pyroxène et l'olivine se touchent directement, d'habitude ces éléments sont réunis par de la magnétite en plages, qui simulent absolument l'aspect du quartz de certains

granits, et présentent souvent la même apparence cunéiforme.

Nous avons donné à cette structure si particulière le nom de *structure sidéronitique.*

La hornblende joue également le même rôle. Elle forme des plages qui sont nettement allotriomorphes, elle est d'ailleurs étroitement liée à la magnétite, souvent les plages de ce minéral sont bordées d'un mince ruban de hornblende très fraiche qui épouse directement le contact des pyroxènes et olivines. D'autres fois les plages plus larges de hornblende, ont comme centre un amas de magnétite primaire.

La roche du Kosswinsky est généralement très fraiche, et pas dynamo-métamorphique. Sur quelques rares spécimens on observe une rubéfaction de l'olivine le long des cassures, comme ainsi la transformation en bastite des cristaux du pyroxène, mais celle-ci est incomplète, et ne se fait qu'au centre des cristaux. Nous avons donné le nom de « Kosswite » à la pyroxénite de Kosswinsky.

En dehors des pyroxénites, il existe dans le Kosswinsky des filons nombreux de Dunite très fraiche ou en partie serpentinisée. Les variétés très fraiches sont exclusivement formées par de l'olivine avec quelques grains de magnétite. Les variétés serpentinisées ont la même composition, mais la roche est alors sillonnée par un réseau de fissures dans lesquelles se développe largement l'antigorite, tandis que l'olivine reste emprisonnée dans les mailles du réseau ainsi formé.

M. Duparc en terminant, signale la parfaite analogie entre les roches de profondeur acides et basiques. La roche du Kosswinsky est comparable comme structure au granit, mais ici c'est la magnétite qui fait l'office du quartz dans cette dernière roche. Ces granits sont traversés par des filons granulitiques qui sont généralement plus acides que la roche encaissante, de même la Koswite est traversée par des filons d'olivine qui sont par contre plus basiques que la roche qu'ils traversent.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 14 février 1901.

A. Schœni. Couleurs pour émail. — F. Kehrmann et C. Stampa. Oxydation de la phénoxazine.

M. A. Schœni présente à la Société une série de couleurs qu'il prépare pour la *peinture sur émail sous fondant.* Il montre par quelques expériences qu'elles remplissent toutes les conditions requises pour cette décoration spéciale, glaçant au premier feu, se mélangeant entre elles et avec le blanc sans s'altérer, et supportant tous les feux sans diminuer d'intensité.

Parmi ces couleurs, il faut mentionner spécialement :

1° Un oxyde noir, remplaçant avantageusement l'oxyde d'iridium.

2° Un rouge, solide à toutes les températures.

3° Un jaune, dont on peut faire varier la teinte du jaune foncé au jaune ivoire.

M. F. Kehrmann a étudié avec M. C. Stampa les produits d'oxydation de la *phénoxazine* (I). Celle-ci se comporte d'une manière analogue à la thiodiphénylamine et fournit en premier lieu les sels de *phénazoxonium* (II), composés très peu stables.

I : NH / O (phénoxazine) — II : N / O / Cl (phénazoxonium)

M. Kehrmann relate une série de faits qui prouvent, selon lui, que les colorants oxaziniques et thiaziniques ont une structure orthoquinoïdique, et qu'ils doivent leurs propriétés basiques à leur atome de soufre ou d'oxygène, qui devient quadrivalent en présence des acides.

Séance du 14 mars.

C. Græbe et R. Gnehm. Oxydation du chrysène. — C. Græbe. Synthèse directe des amines aromatiques. — F. Ullmann, G. Pasdermajian et R. Forgan. Synthèses de sulfones et de sulfures aromatiques. — F. Kehrmann. Oxydation de la diméthylphénoxazine. — P. Haas. Dérivés de l'acénaphtène.

M. le prof. GRÆBE communique les premiers résultats d'un travail commencé avec M. R. GNEHM sur l'*oxydation du chrysène*. Il n'avait pas été possible jusqu'ici d'obtenir, par oxydation de la chrysoquinone, l'acide phénylnaphtaline-dicarbonique

$$\begin{array}{l} C_6H_4 - COOH \\ | \\ C_{10}H_6 - COOH \end{array}$$

correspondant à l'acide diphénique. Les auteurs ont réussi à le préparer en fondant avec la soude caustique deux acides aminés que MM. Græbe et Hönigsberger [1] avaient obtenus en soumettant l'oxime de la chrysoquinone à la réaction de Beckmann.

M. GRÆBE indique ensuite un cas de *synthèse directe des amines aromatiques* à partir des hydrocarbures. En chauffant le benzène avec du chlorhydrate d'hydroxylamine en présence de chlorure d'aluminium, il a obtenu de l'aniline :

$$C_6H_6 + HO.NH_2 = C_6H_5.NH_2 + H_2O.$$

Le toluène fournit dans les mêmes conditions de la *p*-toluidine, et la naphtaline une naphtylamine ; mais les rendements sont faibles. L'auteur se propose d'étudier plus exactement cette intéressante réaction.

[1] *Archives* (4) IX, 399.

M. F. Ullmann a effectué, en collaboration avec MM. G. Pasdermajian et R. Forgan, diverses *synthèses de sulfones et de sulfures aromatiques*. Les sulfones prennent naissance, avec un très bon rendement, par condensation des dérivés benzéniques nitrés et halogénés avec les acides sulfiniques aromatiques. Le chlorure de picryle et l'acide benzène-sulfinique donnent, par exemple, la *trinitrodiphénylsulfone*

NO_2 Cl NO_2 NO_2 + HSO_2 = NO_2 $-SO_2-$ NO_2 NO_2 + HCl

Le dinitrochlorobenzène, les chloronitrobenzènes *o* et *p*, les acides chloronitrobenzoïques, etc., réagissent de la même manière avec l'acide benzène-sulfinique et avec les deux acides naphtaline-sulfiniques.

Si l'on remplace les acides sulfiniques par les thiophénols, on obtient les sulfures correspondants.

M. F. Kehrmann a observé que la *diméthylphénoxazine symétrique* se transforme très nettement par oxydation dans les sels relativement stables du *diméthylphénazoxonium* :

NH CH_3 CH_3 O + 2 Br = N CH_3 CH_3 O Br + HBr

Le chlorure, le bromure et le sulfate se dissolvent en rouge violet dans l'eau acidulée; le picrate est une poudre microcristalline violette presque insoluble dans l'eau et dans l'alcool. Il est remarquable que l'introduction de deux méthyles dans les positions *para* par rapport à l'azote donne à la molécule du phénazoxonium la même stabilité que l'introduction de deux groupes aminogène dans les mêmes positions.

M. P. Haas avait décrit dans une précédente séance[1] une série de *dérivés* (nitré, acétylé, benzoylé, phtaloylé) *de l'acénaphtène*. Il a pu établir leur constitution : dans tous ces corps le groupe substituant occupe la position 4 (les deux atomes de carbone du noyau pentagonal de l'acénaphtène étant désignés par les chiffres 1 et 8).

A. P.

[1] *Archives* (4) X, 295.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

MARS 1901

Le 1er, pluie dans la nuit et à 2 h. de l'après-midi; fort vent à 1 h. et à 10 h. du soir.
2, pluie dans la nuit; fort vent à 10 h. du matin.
3, pluie dans la nuit, à 10 h. du matin, à 1 h. et à 9 h. du soir; éclairs et tonnerres de 1 h. 7 m. à 1 h. 20 m. du soir; pluie et neige après l'orage.
4, pluie dans la nuit, à 7 h. et à 10 h. du soir; forte giboulée de neige à 7 h. du matin.
5, pluie dans la nuit jusqu'à 7 du matin et à 10 h. du soir; fort vent à 10 h. du soir.
6, pluie dans la nuit et à 10 h. du soir; faible gelée blanche le matin; très fort vent depuis 4 h. du soir.
7, pluie dans la nuit; neige à 7 h. du matin; très fort vent à 10 h. du matin.
8, forte gelée blanche le matin.
9, très forte gelée blanche le matin; très forte bise de 10 h. du matin à 7 h. du soir.
10, très forte bise de 10 h. du matin à 7 h. du soir; pluie depuis 9 h. du soir.
11, neige à 7 h. et pluie à 10 h. du matin; fort vent de 10 h. du matin à 4 h. du soir.
12, fort vent à 10 h. du matin; quelques flocons de neige et faible pluie dans la journée.
13, légère chute de neige et brouillard bas avant 7 h. du matin.
14, gelée blanche le matin; pluie à 10 h. du matin.
15, pluie depuis 1 h. du soir à la nuit.
16, fort vent à 1 h. du soir; faible pluie.
17, faible pluie dans la soirée.
18, pluie à 1 h. du soir.
19, faible pluie dans la nuit.
20, pluie depuis 3 h. du soir.
21, pluie dans la nuit.
22, très forte bise pendant tout le jour; quelques flocons de neige à 10 h. du matin.
23, très forte bise pendant tout le jour.
24, forte bise le matin jusqu'à 7 h. du soir.
25, quelques gouttes de pluie depuis 4 h. 30 m. du soir.
26, faible gelée blanche et brouillard le matin; neige depuis 8 h. 25 m. du soir.
28, neige depuis 6 h. 45 m. du matin; hauteur : 1cm,0; fort vent à 7 h. du matin et à 4 h. du soir; giboulées de neige dans la soirée.
29, fort vent à 1 h. du soir.
30, forte gelée blanche le matin; très fort vent de 1 h. à 7 h. du soir; halo lunaire à 9 h. du soir.
31, pluie à 10 h. du matin; fort vent de 1 h. à 4 h. du soir.

Hauteur totale de la neige : 1cm,0.

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0^{mm}.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux suivants.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 5 à 10 h. matin	732,7	Le 7 à 8 h. soir	713,6
9 à 11 h. soir	26.8	15 à 9 h. matin	19,9
16 à 11 h. matin	25,0	19 à 4 h. soir	1,3
23 à 7 h. soir	28.9	26 à 4 h. soir	17,2

Résultats des observations pluviométriques faites dans le canton de Genève.

Stations	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Observ. MM.	Ch. Pesson	J. Gottraux	L. Perrot	P. Pelletier	J.-J. Decor	Pellegrin
Hauteur d'eau en mm.	58.2	69.3	56.3	68.7	51.9	55.5

Stations	VEYRIER	GENÈVE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Observ. MM.	B. Babel	Observatoire	R. Gautier	A. Dunant	M. Micheli	C. Nyauld
Hauteur d'eau en mm.	63.4	65.9	58.2	56.4	57.5	70.9

Durée totale de l'insolation à Jussy : 62^{h} 10^{m}.

La pluie tombée à Jussy pendant le mois de février est : 18^{mm},0, et la durée totale de l'insolation : 100^{h} 30^{m}.

GENÈVE. — MARS 1904.

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre Ecart avec la hauteur normale	Baromètre Minim. observé au barogr.	Baromètre Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Ecart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en % Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en % Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en % Minim.	Fract. de saturation en % Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nombre d'h	Vent dominant.	Chemin parcouru par le vent. Kil. par heure.	Nébulosité moyenne	Insolation. Dur. en heures.	Temp. du Rhône Midi	Temp. du Rhône Ecart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm					h.	°	°	
1	719,45	— 6,38	717,8	721,9	+ 7,10	+ 4,12	+ 4,1	+10,8	73	— 6	53	87	1,3	2	SSW. 2	11,5	10	...	4,6	— 0,8	1095
2	18,41	— 7,35	16,2	20,0	+ 8,32	+ 5,23	+ 4,5	+11,9	65	—14	51	79	10,8	6	SSW. 1	8,8	9	1,3	4,9	— 0,6	1135
3	19,54	— 6,16	15,8	24,7	+ 5,88	+ 2,68	+ 1,9	+ 9,2	80	+ 2	58	92	21,1	14	SSW. 1	12,1	10	0,5	..	.....	1145
4	28,90	+ 3,26	25,3	30,9	+ 3,44	+ 0,12	+ 1,2	+ 6,7	78	0	59	96	7,1	4	var.	9,4	10	1,5	4,8	— 0,7	1182
5	31,26	+ 5,68	30,3	32,7	+ 5,06	+ 1,63	+ 1,6	+ 9,9	85	+ 7	73	93	5,3	4	var.	6,3	10	0,4	5,0	— 0,6	1195
6	26,46	+ 0,93	20,4	31,5	+ 6,44	+ 2,89	+ 1,6	+10,5	62	—16	41	90	2,8	2	SSW. 2	13,0	5	8,1	4,9	— 0,7	1180
7	16,82	— 8,65	13,6	21,6	+ 3,45	— 0,21	+ 0,9	+ 7,0	68	— 9	45	88	...	..	SSW. 1	12,5	10	3,6	4,9	— 0,8	1165
8	15,19	—10,22	13,0	18,5	+ 2,74	— 1,04	— 1,7	+ 6,7	63	—14	44	80	...	..	N. 1	7,9	1	9,7	4,8	— 0,9	1190
9	23,47	— 1,89	18,8	26,8	+ 2,10	— 1,80	— 1,2	+ 4,8	70	— 7	63	83	...	..	NNE 3	12,9	9	1,6	5,0	— 0,8	1195
10	22,46	— 2,84	18,6	26,4	+ 2,27	— 1,75	+ 0,8	+ 4,6	76	— 1	65	97	1,6	3	NN... 3	12,5	9	0,4	...	.....	1145
11	19,47	— 5,78	16,9	22,7	+ 2,45	— 1,69	+ 0,1	+ 5,8	78	+ 2	61	96	0,2	..	SSW. 2	14,4	10	1,3	4,7	— 1,2	1150
12	24,23	— 0,97	22,8	25,1	+ 2,44	— 1,82	+ 0,5	+ 4,0	73	— 3	62	88	0,1	..	SSW. 1	10,4	10	..	4,9	— 1,0	1175
13	23,73	— 1,42	22,9	24,8	+ 1,93	— 2,45	— 1,0	+ 5,2	83	+ 7	67	96	...	..	var.	4,6	10	...	5,0	— 1,0	1160
14	22,96	— 2,14	22,4	23,9	+ 3,19	— 1,32	— 0,7	+ 7,3	81	+ 5	61	93	...	..	var.	2,1	8	1,8	5,0	— 1,0	1162
15	21,83	— 3,22	19,9	24,3	+ 4,65	+ 0,02	+ 0,7	+ 9,5	79	+ 4	56	88	4,7	4	SSW. 1	3,6	10	...	5,0	— 1,1	1130
16	24,19	— 0,82	23,7	25,0	+ 8,56	+ 3,81	+ 5,0	+13,7	67	— 8	49	85	0,1	..	SSW. 1	3,3	8	0,9	5,2	— 1,0	1135
17	20,74	— 4,22	16,8	23,8	+ 6,26	+ 1,38	+ 3,0	+ 8,9	75	0	62	88	0,1	..	N. 1	3,6	10	...	...	.....	1175
18	12,96	—11,96	11,1	16,0	+ 6,01	+ 1,01	+ 2,7	+10,3	84	+ 9	71	94	0,3	..	var.	2,9	9	0,2	5,6	— 0,7	1170
19	4,70	—20,18	1,3	10,6	+ 7,67	+ 2,54	+ 4,0	+12,5	78	+ 4	60	98	...	..	var.	4,6	9	1,9	5,4	— 0,9	1184
20	5,64	—19,20	3,3	11,1	+ 5,45	+ 0,19	+ 1,7	+11,0	82	+ 8	65	92	8,3	10	SSW. 2	10,9	10	0,5	5,5	— 0,9	1160
21	15,01	— 9,80	11,5	17,7	+ 3,41	— 1,97	+ 1,4	+ 5,2	79	+ 5	71	87	...	..	SSW. 1	9,2	10	...	5,0	— 1,5	1130
22	22,05	— 2,72	18,1	26,6	+ 0,73	— 4,78	— 0,9	+ 1,2	80	+ 6	76	84	...	..	NNE. 3	30,3	9	...	4,8	— 1,7	1160
23	28,01	+ 3,27	26,6	28,9	0,04	— 5,68	— 2,4	+ 2,8	75	+ 2	65	80	...	..	NNE. 4	39,6	7	6,7	4,5	— 2,1	1180
24	26,17	+ 1,46	24,5	28,2	+ 0,29	— 5,48	— 2,3	+ 3,0	76	+ 3	67	84	...	..	NNE. 2	26,9	9	..	..	.....	1155
25	21,07	— 3,61	18,5	24,4	+ 1,84	— 4,06	— 2,8	+ 6,1	67	— 6	44	77	0,0	..	var.	3,5	9	1,4	4,0	— 2,7	1125
26	18,09	— 6,56	17,2	21,2	+ 2,60	— 3,43	— 2,6	+ 8,0	66	— 7	36	92	0,2	..	var.	7,7	7	3,6	4,3	— 2,5	1112
27	20,81	— 3,82	18,5	22,2	— 0,60	— 6,77	— 4,8	+ 4,0	78	+ 5	61	91	...	..	SSW. 1	7,3	5	8,3	4,9	— 2,0	1110
28	19,61	— 4,99	16,2	23,3	— 0,50	— 6,80	— 3,4	+ 2,8	81	+ 9	66	91	0,7	.	SSW. 1	13,2	9	2,6	5,0	— 2,0	1110
29	25,09	+ 0,51	23,4	26,7	— 1,19	— 7,62	— 6,1	+ 4,0	80	+ 8	67	90	...	..	SSW. 1	7,3	3	5,7	5,0	— 2,0	1095
30	23,73	— 0,83	21,1	26,8	+ 4,31	— 2,35	— 5,2	+13,3	57	—15	29	87	...	..	SSW. 2	11,5	5	9,5	5,2	— 1,9	1085
31	19,80	— 4,75	18,3	22,3	+11,12	+ 4,42	+ 5,0	+16,9	42	—30	17	76	1,2	2	SSW. 1	10,5	10	0,7	...	....	1090
Mois	720,70	— 4,33			+ 3,79	— 0,81			74	— 1						10,78	8,5		4,92	—1,20	1147

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1901

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	722,68	722,56	722,66	722,86	722,28	721,23	721,46	721,83
2e »	19,01	18,04	17,83	17,89	17,64	17,43	17,99	18,52
3e »	21,72	21,49	21,64	22,11	21,71	21,30	21,91	22,25
Mois	21,16	20,72	20,74	20,99	20,58	20,03	20,50	20,91

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc.	+ 3,37	+ 2,74	+ 2,52	+ 5,25	+ 6,84	+ 6,81	+ 5,45	+ 4,46
2e »	+ 3,49	+ 2,77	+ 2,73	+ 5,34	+ 7,28	+ 7,19	+ 5,64	+ 4,45
3e »	+ 0,30	− 0,53	− 0,96	+ 2,06	+ 4,97	+ 5,14	+ 3,12	+ 1,88
Mois	+ 2,32	+ 1,59	+ 1,35	+ 4,15	+ 6,32	+ 6,34	+ 4,68	+ 3,54

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
1re décade	79	84	84	67	60	58	67	77
2e »	85	87	87	75	64	69	75	82
3e »	79	80	84	71	58	57	66	72
Mois	81	84	85	71	61	61	69	77

	Therm. min.	Therm. max.	Temp. du Rhône.	Nébulosité moyenne.	Insolation. Durée en heures.	Chemin parcouru p. le vent.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		h.	kil. p. h.	mm	
1re déc.	+ 1,37	+ 8,21	+ 4,86	8,3	27,1	10,69	50,0	1160
2e »	+ 1,60	+ 8,82	+ 5,14	9,4	6,6	6,04	13,8	1160
3e »	− 2,19	+ 6,12	+ 4,74	7,8	38,5	15,18	2,1	1123
Mois	+ 0,18	+ 7,66	+ 4,92	8,5	72,2	10,78	65,9	1147

Dans ce mois l'air a été calme 18,82 fois sur 100.

Le rapport des vents du NNE. à ceux du SSW. a été 0,95.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S 81°,8 W. et son intensité est égale à 11,0 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MARS 1901.

Le 1er, neige à 4 h. du soir.
2, neige dans la nuit; brouillard depuis 7 h. du soir.
3, neige à 7 h. du matin et depuis 1 h. du soir; brouillard à 10 h. du matin et à 7 h. du soir; forte bise à 4 h. et depuis 9 h. du soir.
4, très forte bise le matin jusqu'à 7 h. du soir; neige jusqu'à 10 h. du matin, à 4 h. et depuis 9 h. du soir; brouillard à 1 h. et à 7 h. du soir.
5, très forte bise pendant tout le jour; neige à 7 h. du matin; brouillard de 4 h. à 7 h. du soir.
6, neige dans la nuit; forte bise à 7 h. du matin.
7, très forte bise pendant tout le jour; neige à 7 h. du matin et à 1 h. du soir; brouillard depuis 9 h. du soir.
9, brouillard et fort vent depuis 7 h. du soir.
10, brouillard de 10 h. du matin à 1 h. du soir; neige depuis 4 h. du soir; fort vent pendant la journée.
11, brouillard à 10 h. du matin et depuis 9 h. du soir.
12, brouillard depuis 7 h. du soir; fort vent depuis 9 h. du soir.
13, brouillard le matin jusqu'à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir.: fort vent depuis 10 h. du matin.
14, brouillard et fort vent pendant toute la journée.
15, brouillard et très fort vent pendant toute la journée.
16, très fort vent pendant toute la journée; brouillard à 4 h. du soir et depuis 9 h. du soir; neige à 7 h. du soir.
17, très fort vent et brouillard pendant toute la journée; neige depuis 9 h. du soir.
18, brouillard et très fort vent pendant toute la journée.
19, très fort vent et neige pendant toute la journée; brouillard depuis 7 h. du soir.
20, neige jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir; brouillard de 1 h. à 4 h. du soir; forte bise depuis 7 h. du soir.
21, brouillard le matin jusqu'à 1 h. du soir et à 7 h. du soir; neige à 4 h. et depuis 9 h. du soir; forte bise jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir.
22, brouillard et forte bise pendant toute la journée.
23, forte bise pendant tout le jour; brouillard le matin jusqu'à 4 h. du soir; neige depuis 7 h. du soir.
24, forte bise à 7 h. du matin et depuis 9 h. du soir; brouillard à 7 h. du soir.
25, brouillard à 7 h. du soir.
26, neige depuis 4 h. du soir.
27, forte bise jusqu'à 10 h. du matin.
28, forte bise pendant tout le jour; brouillard à 7 h. du matin, à 1 h. et à 10 h. du soir; neige à 10 h du matin et depuis 4 h. du soir.
30, fort vent depuis 1 h. du soir; brouillard depuis 7 h. du soir.
31, très fort vent pendant tout le jour; brouillard à 7 h. du matin et depuis 1 h. du soir; neige de 10 h. du matin à 1 h. du soir.

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux suivants.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 5 à 10 h. matin	565,3	Le 3 à 1 h. soir	555,2
10 à minuit	60,3	11 à 3 h. matin	52,7
17 à minuit	62,0	20 à 1 h. soir..............	45,6
23 à 7 h. soir	58,1	28 à 4 h. matin	48,9
30 à 11 h. soir	62,4		

SAINT-BERNARD. — MARS 1904

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum. observé au barographe	Maximum. observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.	Fraction de saturation moyenne	Pluie ou neige Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°		cm.	mm		
1	557.31	— 2 38	556,7	558,1	— 6,92	+ 1,31	—10,0	— 1,3	84	6	4,5	SW. 1	6
2	56 87	— 2.81	56,3	57,5	— 6 22	+ 1,95	— 9,4	— 2,1	74	10	8,0	NE. 1	5
3	55,96	— 3,72	55,2	57 2	— 7,37	+ 0,74	—11,4	+ 0,4	94	21	15,5	NE. 1	10
4	60,06	+ 0,39	57 2	61,5	—11,50	— 3,45	—12.7	— 8,8	93	17	19,0	NE. 3	10
5	64.13	+ 4,46	61,6	65,3	— 6,68	+ 1,31	— 9.6	0 0	93	8	5,5	NE. 2	9
6	61 38	+ 1,72	56,0	64,8	— 4,97	+ 2,95	— 9,3	— 0,2	68	10	7,5	NE. 1	2
7	51,37	— 8,29	49,5	55,2	—13,20	— 5,35	—15,4	— 9,0	86	....	.....	NE. 2	6
8	51,20	— 8,46	49,4	53,7	—12,87	— 5 09	—17,2	— 9,2	68	.....	.....	SW. 1	0
9	57 39	— 2,28	53,7	60,2	— 9,07	— 1,36	—13,4	— 6,5	87	.....	.....	SW. 1	6
10	57,84	— 1,83	54,5	60,3	— 8,08	— 0,44	— 9,9	— 2,6	93	26	21,5	SW. 2	9
11	54,22	— 5,46	52,7	56,4	— 7,58	— 0,02	—10,1	— 2,4	88	.....	.....	SW. 1	5
12	57,25	— 2 44	56,4	57,9	— 9,28	— 1,80	—10,9	— 4,6	66	....	.....	SW. 1	8
13	58,09	— 1.61	57,9	58 7	—10 72	— 3,32	—10,6	— 7,8	97	.....	.....	SW. 2	10
14	59,44	— 0,27	58,5	61,2	— 9 88	— 2,56	—11,1	— 7,8	96	8	9,5	SW. 2	10
15	59.63	— 0,10	58.9	60.9	— 8,45	— 1,22	— 7,5	— 5,8	99	8	7,3	SW. 3	10
16	61 38	+ 1.63	60,9	61,8	— 7.63	— 0,49	— 7,9	— 5,1	97	3	2,0	SW. 2	6
17	59,86	+ 0,09	57,2	62 0	— 8,45	— 1,40	— 8,6	— 4,8	98	9	8,5	SW. 3	10
18	53,19	— 6 60	51,7	56,5	— 7,40	— 0,44	— 7,6	— 1,9	100	12	12,5	SW. 3	10
19	47,74	—12.08	46,1	51,0	— 6,38	+ 0,49	— 7,4	+ 2,2	100	30	26,0	SW. 3	10
20	46.11	—13,74	45.6	47,7	— 4 52	+ 2,25	— 7,5	+ 3,4	95	22	19,0	SW. 1	10
21	49.94	— 9,94	46,4	52,7	— 8,35	— 1,68	—11,4	+ 1,7	99	6	4,5	NE. 2	10
22	54,29	— 5,62	52,8	56,3	—10.13	— 3,56	—14,2	— 1,8	98	3	2,0	NE. 2	10
23	57.05	— 2,89	55,8	58.4	—15,48	— 9 01	—17,6	— 9,1	92	2	1,4	NE. 2	10
24	56,47	— 3,51	56,3	57.5	—13,58	— 7,21	—20,3	— 7,8	89	....	.....	NE. 1	6
25	54 62	— 5.40	53,9	56,5	— 9,83	— 3 57	—16,1	— 5,9	80	....	.....	NE. 1	3
26	52,14	— 7,92	51,7	53,9	—11,58	— 5,42	—14,9	— 2,8	82	9	5,2	var.	6
27	51,36	— 8,74	51,3	51,8	—16,67	—10.62	—20,2	— 9,8	75	....	.....	NE. 1	4
28	50,28	— 9,87	48,9	52,0	—16,72	—10.78	—20,7	—10,6	80	6	4,0	NE. 2	10
29	54,93	— 5,27	52,1	58,2	—16,50	—10,67	—22,4	— 6,3	71	....	.....	NE. 1	1
30	60,20	— 0,05	58,0	62.4	—14,80	— 9,08	—17,7	— 4,8	77	8	4,0	SW. 2	4
31	61,60	+ 1,30	61,2	61,9	— 9,22	— 3.62	—15,2	— 5,9	91	9	9,1	SW. 2	10
Mois	555.91	— 3,80			—10.00	— 2 68			87				7.3

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — MARS 1901.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	557,36	557,30	557,36	557,73	557,44	557,18	557,25	557,20
2e » ...	56,35	55,71	55,39	55,47	55,32	55,32	55,90	56,06
3e » ...	54,20	53,97	54,22	54,68	54,93	55,10	55,53	55,81
Mois	55,91	55,61	55,61	55,92	55,86	55,84	56,20	56,34

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Min. obs	Max. obs.
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc	— 9,29	— 7,28	— 5,89	— 7,53	— 8,36	— 8,97	—11,83	— 3,93
2e » .	— 7,78	— 6,66	— 6,27	— 6,66	— 7,78	— 8,23	— 8,92	— 3,46
3e » .	—13,94	—11,63	— 9,58	—10,91	—13,12	—13,95	—17,34	— 5,74
Mois.	—10,45	— 8,62	— 7,32	— 8,45	— 9,86	—11,15	—12,85	— 4,42

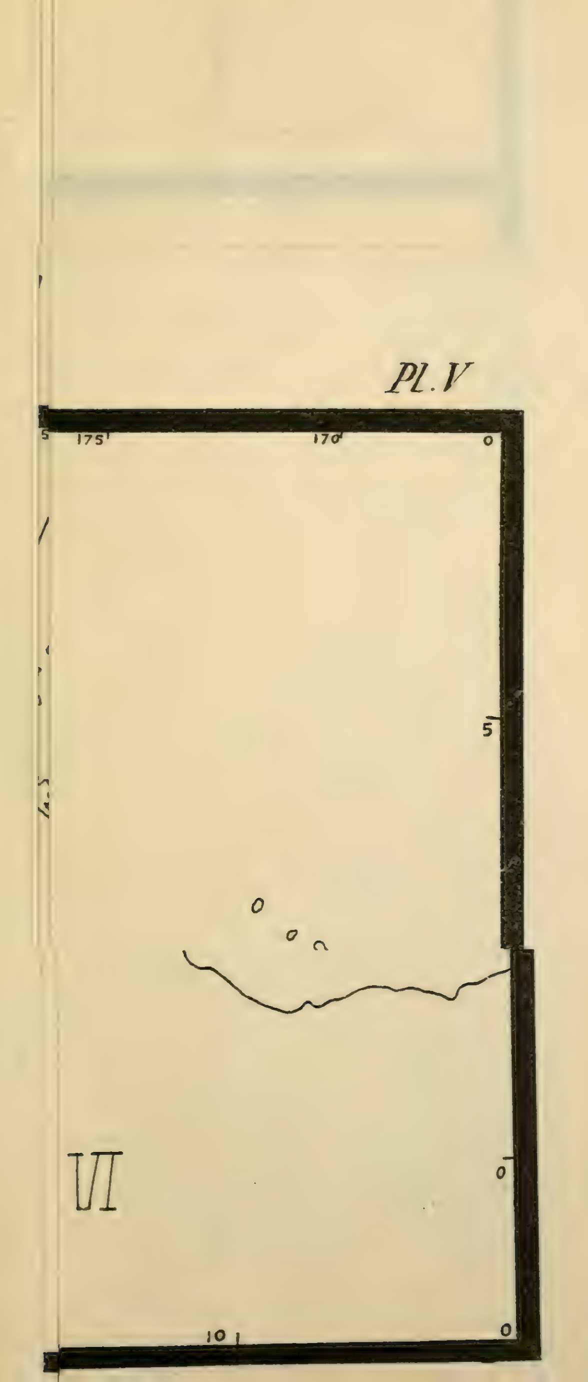
	Fraction de saturation en %.			Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige.
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.		mm	cm
1re décade ...	88	76	88	6,3	81,5	98
2e » ...	91	93	97	8,9	84,8	92
3e » ...	87	83	84	6,8	30,2	43
Mois	89	84	89	7,3	196,5	233

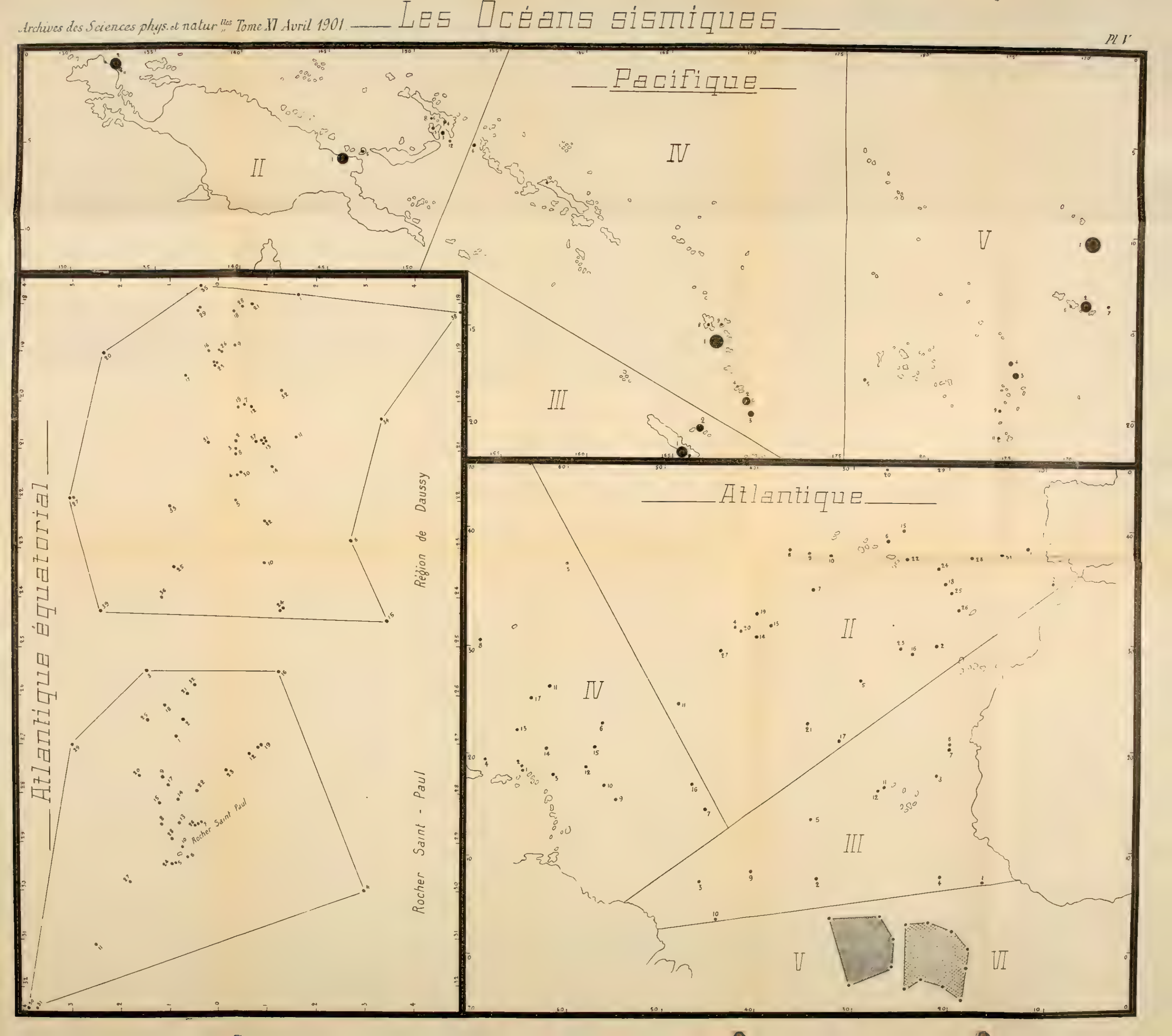
Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SW a été 0,71.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W. et son intensité est égale à 28,5 sur 100.

Pl. V




Pacifique
II
IV
III
V
Atlantique équatorial
Région de Daussy
Rocher Saint - Paul
Rocher Saint Paul
Atlantique
II
III
IV
V
VI

LE PHÉNOMÈNE DE HALL

LA RÉSISTANCE ET L'AUGMENTATION DE LA RÉSISTANCE

DANS LE BISMUTH CRISTALLISÉ

PAR

E. van EVERDINGEN Jr [1]

(Avec la planche VI.)

I. Introduction.

En 1897, j'ai fait des mesures relatives au phénomène de Hall et à la résistance dans des morceaux de bismuth cristallisé assez homogènes de provenances différentes : 1° quelques barreaux et plaques sciés dans un bloc de bismuth refroidi lentement d'environ 300 grammes ; 2° trois barreaux tirés d'un échantillon régulier de bismuth d'Oberschlema ; 3e trois barreaux et une plaque tirés d'un bloc de bismuth régulier provenant de la fabrique de M. Merck, qui avait fourni aussi le bismuth n° 1 [2].

[1] Extrait d'un travail communiqué à l'*Acad. R. des Sciences d'Amsterdam*, séances du 29 septembre et du 29 décembre 1900. Voir aussi *Communications from the Physical Laboratory at Leiden*, n° 61.

[2] *Verslag der Verg. Kon. Akad. v. Wetenschappen Amsterdam*, 21 avril et 26 juin 1897, p. 494 et 68. *Comm. Phys. Lab. Leyden*, n° 37, p. 7, n° 40, p. 3.

Il résultait de ces mesures qu'on obtient pour les phénomènes en question des résultats très différents suivant la direction de l'axe cristallographique principal, c'est-à-dire la normale au plan de clivage principal du bismuth.

Récemment j'ai repris ces recherches pour compléter l'étude de l'augmentation de la résistance dans le champ magnétique, et les résultats de ce travail me firent désirer de les reprendre encore, mais avec de meilleurs matériaux. Comme M. F.-Louis Perrot venait de publier ses remarquables recherches sur la thermo-électricité du bismuth cristallisé, je me suis adressé à lui, et c'est avec la plus grande bienveillance qu'il a mis à ma disposition le prisme A, décrit dans ces *Archives*, t. VI, août 1898, p. 121. Je tiens à le remercier ici pour son extrême obligeance.

Les résultats obtenus avec des barreaux taillés dans ce prisme confirment en tous sens mes résultats antérieurs ; en outre ils ont révélé quelques particularités nouvelles, dont je ne donnerai ici qu'un aperçu.

Positions des barreaux dans le prisme. Dans la Pl. VI, fig. 1 (grossie deux fois) la flèche donne la direction de l'axe principal, déduite du clivage par M. Perrot et caractérisée par les propriétés thermoélectriques. Les barreaux 1, 2, 3 ont été taillés suivant les arêtes, 4, 5 et 6 parallèlement à une des faces mais sous un angle de 30° (ou 60°) avec les arêtes de cette face. Plus tard on a taillé encore un septième barreau, dont la position était autant que possible la même que celle du n° 6 ; ce dernier barreau n'a pas servi à des mesures de l'effet Hall.

Ainsi le n° 1 est parallèle à l'axe principal, les n^{os}

2, 3 et 5 sont perpendiculaires à cet axe, et les n°s 4, 6 et 7 forment avec lui un angle de 60°. On sait que le bismuth cristallise dans le système hexagonal, de sorte qu'on doit s'attendre à retrouver les mêmes propriétés dans toutes les directions perpendiculaires à l'axe principal. Les différences entre les propriétés des n°s 2, 3 et 5 étaient en effet petites comparées aux différences entre les propriétés de chacun de ces barreaux et celles du n° 1. Pour cette raison je me bornerai le plus souvent à donner les résultats obtenus avec le n° 1, un des barreaux 2, 3 et 5, et un des barreaux 4, 6 et 7. Je choisirai d'ailleurs autant que possible les n°s 5 et 7, parce que leurs propriétés sont probablement les plus rapprochées de celles du bismuth cristallisé absolument homogène[1].

II. Le phénomène de Hall.

Méthode d'observation. On sait que le phénomène de Hall consiste en une différence de potentiel transversale dans un conducteur parcouru par un courant électrique *(courant primaire)* et placé perpendiculairement aux lignes de force d'un champ magnétique. Dans notre méthode d'observation, cette différence de potentiel est accusée par un courant dans l'une des deux bobines d'un galvanomètre différentiel. Une petite fraction du courant primaire traverse la seconde bobine du galvanomètre, le reste traversant une petite résistance connue ω. L'expérience se fait en réglant la résistance du second circuit, tantôt sans, tantôt avec

1 On trouve les résultats complets dans les communications à l'Acad. d'Amsterdam citées dans la première note de la page 433.

champ magnétique, de façon à annuler la déviation du galvanomètre au moment où le circuit primaire est fermé.

Le rapport des constantes des deux bobines et celui des résistances dans les deux circuits, la résistance ω et l'épaisseur du conducteur (c'est-à-dire sa dimension dans le sens des lignes de force) suffisent pour déterminer le coefficient de Hall R. Cette méthode, employée pour la première fois par M. Lebret [1] et adoptée ensuite avec une petite modification [2] dans toutes mes recherches sur l'effet Hall, présente entre autres cet avantage d'être indépendante de la sensibilité du galvanomètre et de l'intensité du courant primaire. Comme il a été démontré antérieurement [3], elle nous permet de mesurer l'effet Hall indépendamment de tout autre phénomène.

Résultats. Il fallait mesurer l'effet Hall dans les positions où l'axe principal est perpendiculaire aux lignes de force et dans celles où cet axe est parallèle aux lignes de force. Nous représenterons avec M. Perrot ces positions respectivement par les signes $\perp$ et . Dans mes expériences les barreaux ont toujours été placés perpendiculairement aux lignes de force, dans le sens de la longueur, parce que le courant les traverse dans cette direction. Il suit de là que le barreau n° 1 ne nous fournit que des positions $\perp$, tandis que le n° 5 peut donner à volonté les positions $\perp$ et $\parallel$.

[1] *Verslag der Verg. K. A. v. W. Amsterdam*, 18 avril 1895, p. 284. *Comm. Phys. Lab. Leyden*, n° 19, p. 3. Voir aussi Thèse de doctorat, Leiden 1895.

[2] *Versl.* etc. 30 mai 1896, p. 47. *Communications* n° 26, p.3.

[3] Lebret. *Versl.*, etc. l. c. p. 287. *Comm.* n° 19, p. 8

Coefficient de HALL *R.*

N°	Champ magnétique			
	4600		2600	
	⊥	∥	⊥	∥
1	— 8,0	-	— 10,2	-
5	— 8.2	+ 0.6	— 10.6	— 0,4

Ces nombres prouvent que la position de l'axe principal a sur la valeur de l'effet Hall chez le bismuth une influence plus grande que dans tout autre phénomène observé dans ce métal. Non seulement le coefficient de Hall dans la position ∥ est beaucoup plus petit que celui dans la position ⊥, mais pour le champ le plus fort il est même *positif*, ce que l'on n'avait jamais observé chez le bismuth pur.

En d'autres termes, le même barreau qui, dans la position ⊥, présente un effet Hall de même sens que le nickel par exemple, mais plus fort, présente dans la position ∥ un effet de même signe que l'antimoine et de même grandeur environ.

Il est évident que cette particularité a pour la théorie du phénomène une importance très grande, que je me contenterai cependant de signaler ici.

Du reste on voit que dans la position ⊥ il revient au même que le courant passe parallèlement à l'axe principal, comme dans le n° 1, ou perpendiculairement à cet axe, comme dans le n° 5. On peut conclure de là que seul l'angle formé par les directions de l'axe principal et de la force magnétique détermine la grandeur du coefficient de Hall.

Si l'on représente ce coefficient pour la position ∥ par R_1 et pour la position ⊥ par R_2, on trouve, par une

hypothèse bien simple, que le coefficient R, pour la position dans laquelle l'axe principal fait un angle α avec les lignes de force, doit être donné par :

$$R = R_1 \cos^2 \alpha + R_2 \sin^2 \alpha$$

Les barreaux 4 et 6 ont servi à des expériences pour vérifier cette formule. Il faut cependant tenir compte du fait, qu'on n'a observé un coefficient positif dans la position $\parallel$ que dans les barreaux les plus réguliers, tandis que d'autres ont montré un petit coefficient négatif. C'est pourquoi j'ai tout simplement posé $R_1 = 0$, d'où $R = R_2 \sin^2 \alpha$ ($\alpha = 30°$). Voici le résultat :

N°	R_2	R	$R_2 \sin^2 \alpha$
4	10,3	2,5	2,6
6	12,2	3,1	3,1

L'accord entre les valeurs de R observées et calculées peut être regardé comme très satisfaisant. Les valeurs de R_2, quoiqu'un peu plus grandes que celles du premier tableau, s'accordent pourtant suffisamment avec elles, si l'on tient compte de ce que ces deux barreaux présentent également une résistance un peu plus grande que celle qu'on peut déduire de la position de l'axe, comme on le verra dans ce qui suit.

Quand on écrit la formule ainsi confirmée de la façon suivante :

$$1 = \frac{\left(\frac{1}{\sqrt{R}}\right)^2 \cos^2 \alpha}{\left(\frac{1}{\sqrt{R_1}}\right)^2} + \frac{\left(\frac{1}{\sqrt{R}}\right)^2 \sin^2 \alpha}{\left(\frac{1}{\sqrt{R_2}}\right)^2}$$

on remarque qu'on peut obtenir R en construisant un ellipsoïde de révolution avec $\sqrt{R_1}$ pour axe de révolution parallèle à l'axe principal, et $\sqrt{R_2}$ pour axe trans-

versal. Le rayon vecteur dans la direction de la force magnétique fournit la valeur de $\frac{1}{\sqrt{R}}$ pour le plan perpendiculaire aux lignes de force.

III. La résistance du bismuth cristallisé.

La question que je me suis posée en commençant les mesures sur le cristal de bismuth, était formulée aussi généralement que possible. Quelle est la résistance dans une direction quelconque, quand la force magnétique fait un angle quelconque avec l'axe principal ?

On a donc à considérer dans ces expériences les positions relatives des trois directions : axe principal, force magnétique et courant. Dans les figures 2 *a*, 2 *b* et 2 *c*, Pl. VI, l'axe principal est toujours représenté par une flèche simple, la force magnétique par une flèche double; la direction du courant, toujours coïncidant avec la longueur des barreaux, est indiquée par des rayons vecteurs *Oa*, *Ob*, *Oc*, etc.

J'ai essayé de trouver la réponse à la question ainsi posée en mesurant d'abord la résistance en dehors du champ magnétique et en partageant ensuite les observations dans le champ magnétique en trois groupes :

I. Force magnétique perpendiculaire à l'axe principal.

II. Force magnétique parallèle à l'axe principal.

III. Force magnétique et axe principal formant un angle de 60°.

Pour ce qui regarde la résistance en dehors du champ et dans les groupes I et II, il était très vraisemblable qu'on pourrait trouver la résistance dans une direction quelconque par rapport à l'axe principal à l'aide d'un ellipsoïde construit sur les axes de symé-

trie du cristal. En effet, si l'on représente par r_1, r_2 et r_3 les résistances dans trois directions principales, qui resteront encore des axes de symétrie dans le champ magnétique, par exemple *Oa*, *Ob*, et *Oc*, on trouve que la résistance dans une direction qui fait les angles α, β, γ avec ces axes, peut être représentée par

$$r = r_1 \cos^2 \alpha + r_2 \cos^2 \beta + r_3 \cos^2 \gamma$$

d'où l'on déduit facilement qu'on peut obtenir r par la construction d'un ellipsoïde sur les racines carrées des conductibilités dans trois directions principales comme axes.

Les mesures semblent indiquer que non seulement dans ces cas-ci, mais encore pour le groupe III les résistances peuvent être trouvées à l'aide d'un ellipsoïde.

Méthode d'observation. La méthode est en tous points analogue à celle que nous avons employée pour la mesure de l'effet Hall; la seule différence consiste en ce que maintenant les deux électrodes n'ont plus été fixées sur deux faces latérales opposées du barreau, mais à une distance mutuelle de 6 à 7 mm. sur une même face latérale. On peut regarder cette méthode comme une modification du pont de Thomson. Elle donne des résultats très exacts pour l'augmentation de la résistance ; pour la valeur absolue de la résistivité les résultats sont moins exacts, surtout à cause de la difficulté qu'il y a à mesurer exactement la distance des deux électrodes.

La résistance en dehors du champ magnétique. Pour tous les barreaux la résistance a été mesurée au moins quatre fois, avec les électrodes appuyées au moins une fois contre chacune des faces latérales. Les résultats ci-dessous sont des moyennes ; la résistivité r est expri-

mée en unités 10^{-5} C. G. S., la conductibilité λ en unités 10^{-6} C. G. S., $\sqrt{\lambda}$ en unités 10^{-3} C. G. S.

N°	1	2	3	4	5	6	7
r	3,48	2,29	2,32	2,07	2,59	2,85	2,74
λ	2,87	4,37	4,31	4,83	3,86	3,51	3,65
$\sqrt{\lambda}$	1,70	2,09	2,08	2,20	1,96	1,87	1,91

On voit que la résistance du barreau n° 1, c'est-à-dire la résistance dans la direction de l'axe principal, est beaucoup plus grande que dans les directions transversales, chez les n°s 2, 3 et 5. Comme aucune mâcle ne peut augmenter le rapport de ces résistances, on est amené à admettre que le rapport des résistances des n°s 1 et 5, 3,48 : 2,07 ou 1,68 : 1 se rapproche le plus de la valeur qu'aurait ce rapport chez un cristal parfaitement homogène. Pour le prisme entier M. Perrot trouva [1] comme rapport des forces électromotrices $\frac{\parallel}{\perp}$ 2,00 en moyenne, donc un rapport du même ordre de grandeur.

Les différences entre 2, 3 et 5 sont relativement petites. J'admettrai donc que ces différences disparaîtraient dans un cristal parfait, et qu'en dehors du champ magnétique, l'ellipsoïde de conductibilité serait un ellipsoïde de révolution, ayant pour axes les valeurs de $\sqrt{\lambda}$ obtenues avec les n°s 1 et 5, c'est-à-dire 1,70 et 2,20. Ces valeurs ont servi à la construction des cercles et ellipses en trait plein dans les figures *2a*, *2b*, *2c*, où toutes les dimensions parallèles à l'axe principal (⟵⟶) ont été réduites dans le rapport de 2 à 1.

[1] *Arch. des sc. phys. et nat.*, t. VI, p. 253, 1898.

Pour les barreaux 4, 6 et 7 on peut poser $\alpha = 60°$, $\beta = 30°$ et $\gamma = 90°$, d'où

$$r = 3{,}48 \cos^2 60° + 2{,}07 \cos^2 30° = 2{,}42$$

Cette valeur est plus petite que chacune des valeurs obtenues. Inversement on pourrait calculer α au moyen des nombres 2,59 et 2,74 ce qui donne pour le n° 4 53°, et pour le n° 7 46°. Mais il n'est pas du tout certain que les différences soient causées uniquement par des écarts de la cristallisation régulière. En effet, M. Perrot donne pour les densités de ses quatre meilleurs prismes des nombres compris entre 9,809 et 9,887, quoique le bismuth fût toujours de la même provenance et eût été soumis toujours au même traitement. Il se présentait encore des différences de densité dans un même culot. Il n'est donc pas impossible qu'il existât une densité variable, et par conséquent une résistance variable à l'intérieur des prismes, ainsi que M. Perrot lui-même l'a déjà fait remarquer [1]. Aussi les résultats obtenus avec les n°s 6 et 7 ont-ils presque toujours été plus réguliers que ceux fournis par le n° 4.

La résistance dans le champ magnétique. J'ai d'abord cherché l'augmentation de la résistance suivant les axes de l'ellipsoïde de conductibilité. Si la force magnétique est parallèle à l'axe principal du cristal, cet ellipsoïde est de révolution ; de sorte qu'il nous faut alors déterminer la résistance suivant l'axe et dans une direction perpendiculaire à l'axe. La force magnétique étant perpendiculaire à l'axe principal, nous choisirons évidemment les directions de l'axe principal et de la force magnétique, et une troisième perpendiculaire aux deux précédentes. Dans le cas

[1] *Arch. des sc. phys. et nat.*, p. 255, 1898.

d'une force magnétique oblique à l'axe, la direction perpendiculaire à ces deux-là est certainement axe de symétrie ; dans le plan contenant l'axe principal et la force magnétique j'ai pensé que l'axe principal et la direction transversale seraient les deux autres axes de l'ellipsoïde de conductibilité.

Dans les expériences on peut employer indifféremment les barreaux 2, 3 ou 5 et 4, 6 ou 7 pourvu qu'on prenne soin d'arranger exactement les directions de l'axe principal, de la force magnétique et du courant.

Résultats. Les augmentations de résistance se rapportent toutes à un champ magnétique de 4600 unités C. G. S. et une température de 15° C. Tous les nombres donnés sont des valeurs moyennes, exprimées en pour cent de la valeur initiale : le barreau qui a servi aux mesures est mentionné entre parenthèses.

GROUPE I. Fig. 2*a*. — *Force magnétique perpendiculaire à l'axe principal.*

Direction	*Oa*	*Ob*	*Oc*
Augm. de résistance	13,5 (4)	4,5 (5)	8,0 (5)
Axes de l'ellipsoïde $\sqrt{\lambda}$	1,60	2,16	2,12

On voit que maintenant l'ellipsoïde a *trois axes inégaux*. Dans un plan perpendiculaire à la force magnétique, les résistances ne sont pas augmentées dans le même rapport. Une telle disproportionnalité a déjà été admise par M. Lebret[1] pour expliquer la dissymétrie du phénomène de Hall dans le bismuth ; moi-même j'ai démontré[2] qu'elle existait réellement dans certai-

[1] *Verslag*, etc. 18 avril 1895, p. 297, . *Comm.* n° 19, p. 23.

[2] *Verslag*, etc. 21 avril 1897, p. 493 et 499. *Comm.* n° 37, p. 6 et 15.

nes plaques de bismuth et était suffisante pour causer une dissymétrie de la grandeur observée.

Dans la figure 2*a* les différences entre les valeurs des nouveaux axes et des axes initiaux ont été doublées afin de ne pas nuire à la clarté de la figure.

GROUPE II. Fig. 2 *b*. — *Force magnétique parallèle à l'axe principal.*

Direction	*Od*	*Oe* ou *Of*
Augm. de résistance	2,5 (1)	2,9 (5) 4,7 (2,3)
Axes de l'ellipsoïde $\sqrt{\lambda}$	1,68	2,17 2,15

La figure a été dessinée en donnant aux axes les valeurs 1,68 et 2,16. Les variations sont comme on voit beaucoup plus petites que dans le cas précédent, c'est pourquoi je les ai multipliées par quatre avant de les porter sur la figure.

GROUPE III. Fig. 2 *c*. — *Force magnétique formant avec l'axe un angle de 60°.*

Direction	*Og*	*Oh*	*Ok*
Augm. de résistance	11,2 (1)	4,0 (5)	7,6 (5)
Axes de l'ellipsoïde $\sqrt{\lambda}$	1,61	2,16	2,12

Ces résultats sont peu différents de ceux du groupe I. Les variations ont été doublées dans la figure.

Vérification de l'ellipsoïde. Pour examiner jusqu'à quel point les résistances dans les différentes directions peuvent être représentées à l'aide de ces ellipsoïdes, j'ai fait des mesures dans des directions variées, mais toujours situées dans des plans axiaux. Comme les écarts entre les résistances observées dans une même

direction en dehors du champ magnétique sont assez considérables, ainsi que je l'ai signalé plus haut, je me servirai pour cette vérification non des résistances ellesmêmes, mais de leurs augmentations observées et calculées. Cela se fait en substituant successivement dans la formule

$$r = r_1 \cos^2 \alpha + r_2 \cos^2 \beta + r_2 \cos^2 \gamma$$

les valeurs de r_1, r_2 et r_3 en dehors du champ magnétique et dans ce champ ; des deux résultats ainsi trouvés on déduit l'augmentation relative de la résistance pour la direction α, β, γ.

Les valeurs des r employées dans ces calculs sont données ci-dessous :

Groupe	Dans le champ r_1	r_2	r_2	En dehors du champ r_1	r_2	r_2
I.	3,93	2,16	2,24	3,48	2,07	2,07
II.	3,57	2,15	2,15			
III.	3,87	2,15	2,23			

Voici les résultats. Les deux dernières colonnes contiennent l'augmentation de la résistance pour les axes de l'ellipse dans le plan de laquelle était située la direction expérimentale

Direction		α, β, γ	N°	Augmentation de résistance observée	calculée	pour les axes valeur max.	valeur min.
I.	*Ol*	60°, 30°, 90°	7	6,6	7,5	13,0	4,5
	Om	90, 45, 45	5	5,5	6,3	8,0	4,5
	On	60, 90, 30	7	9,4	9,9	13,0	8,0
II.	*Oo* ou *Oq*	60, 30, 90	7 4	4,0 3,5	3,5	3,8	2,5
III.	*Or* ou *Oc*	60, 30, 90	7	6,6	6,6	11,2	4,0
	Os	90, 60, 30	5	6,7	6,8	7,6	4,0
	Ot	60, 90, 30	7	8,5	9,1	11,2	7,7

L'accord des valeurs observées et calculées est en général assez bon, parfois même parfait et dans le troisième groupe tout aussi bon, sinon meilleur, que dans les deux autres. Dans ce troisième cas, nous avons donc également le droit d'admettre que les résistances dans un cristal parfait pourraient être déduites exactement à l'aide d'un ellipsoïde de conductibilité. A cet égard la comparaison des directions *Or* et *Ov* était particulièrement remarquable. Pour la direction *Or*, le courant est parallèle aux lignes de force, pour *Ov* il fait avec elles un angle de 60° ; et pourtant une détermination faite dans ce but montra la parfaite équivalence de ces deux positions. Ce résultat, qu'on n'avait pas le droit d'accepter *a priori*, serait expliqué s'il était permis de supposer que dans le cas d'une force magnétique oblique à l'axe principal, on trouve l'augmentation de la résistance en prenant la somme de deux autres augmentations : l'une causée par la composante de la force magnétique parallèle à l'axe principal, l'autre par la composante perpendiculaire.

Pour vérifier cette supposition par l'expérience, il était nécessaire de connaître la fonction qui exprime la relation entre l'augmentation de la résistance dans ce bismuth et la force magnétique. Je me suis servi dans ce but d'une formule déduite antérieurement[1]

$$\triangle r = \frac{C_2 M^2}{1 + C_1 \sqrt{M^2}}$$

où $\triangle r$ représente l'augmentation relative de la résistance, M la force magnétique et C_2 et C_1 des constantes.

Dans la plupart des positions la valeur $\triangle r$ étant un peu trop petite pour permettre de déterminer les cons-

[1] *Verslag* etc. 25 mars 1899, p. 485. *Comm.* n° 48. p. 4.

tantes avec quelque certitude, j'ai admis que C_1 aurait sensiblement la même valeur dans toutes les positions et je n'ai fait d'expériences que dans la direction *Oa* et dans des champs magnétiques de 2300, 3750 et 5800 unités C. G. S. Cela m'a donné les valeurs

$$C_1 = 0{,}19 \qquad C_2 = 1{,}29$$

(M étant exprimé en unités 1000 C. G. S.)

Or, dans les expériences du groupe III, la composante de la force magnétique parallèle à l'axe était $4600 \cos 60^\circ = 2300$, la composante perpendiculaire à l'axe $4600 \sin 60^\circ = 3980$ unités C. G. S. Substituant ces nombres dans la formule, on trouve que l'augmentation de la résistance dans le groupe I doit être multipliée par 0,800 où $^4/_5$, celle dans le groupe II par 0,326 ou environ $^1/_3$. Ainsi les valeurs pour les n°s 1 et 5 donnent :

Direction	*Og*	$\frac{4}{5} \cdot 13{,}0 + \frac{1}{3} \cdot 2{,}5 = 11{,}2.$	Observé	11,2
»	*Oh*	$\frac{4}{5} \cdot 4{,}5 + \frac{1}{3} \cdot 2{,}9 = 4{,}6.$	»	4,0
»	*Ok*	$\frac{4}{5} \cdot 8{,}0 + \frac{1}{3} \cdot 2{,}9 = 7{,}6.$	»	7,4

L'accord peut être considéré ici comme très bon, ce qui est probablement dû en partie à cette circonstance avantageuse que nous avons pu nous servir des mêmes deux barreaux pour le calcul et l'observation. Ainsi les observations ne nous donnent aucune raison de douter de l'exactitude du principe de superposition des effets dans le cas considéré.

IV. Conclusions.

Les résultats de ce travail peuvent s'exprimer dans les conclusions suivantes :

Dans le bismuth cristallisé, le coefficient de Hall est considérable pour une force magnétique perpendiculaire à l'axe principal, très petit pour une force magnétique parallèle à cet axe (du même ordre de grandeur que chez d'autres métaux) tandis que pour une force magnétique de direction quelconque la valeur du coefficient peut être déduite des valeurs correspondant aux deux cas principaux à l'aide d'un ellipsoïde.

En dehors du champ magnétique on peut calculer dans le bismuth cristallisé les résistances pour toutes les directions à l'aide d'un ellipsoïde de révolution autour de l'axe principal, et dont les rayons vecteurs représentent les racines carrées des conductibilités. (Rapport des axes environ $\sqrt{5} : \sqrt{3}$).

Dans un champ magnétique parallèle à l'axe on a encore un ellipsoïde de révolution dont les axes sont d'ailleurs peu différents de ceux du cas précédent.

Dans un champ magnétique perpendiculaire à l'axe, les *trois axes* de l'ellipsoïde *sont inégaux* et diffèrent davantage des axes correspondant à l'absence de champ magnétique.

Enfin, dans un champ magnétique quelconque, on peut encore recourir à un ellipsoïde, dont on obtient maintenant les axes en faisant la somme des variations des axes dans les cas principaux.

Dans une plaque de bismuth les résistances dans deux directions à angle droit *ne sont pas augmentées dans un même rapport* par le même champ magnétique; cela explique la dissymétrie du phénomène de Hall.

Leiden, février 1901.

Laboratoire de physique de l'Université.

CONTRIBUTION

A L'ÉTUDE DE LA POLYMÉRISATION

des liquides organiques

PAR

Ph.-A. GUYE et Achille BAUD

(Avec les planches VII et VIII.)

INTRODUCTION

Les recherches consignées dans ce mémoire ont pour but d'augmenter le nombre des mesures de tension superficielle des liquides, effectuées dans le vide, conformément au dispositif indiqué par MM. Ramsay et Shields [1], dispositif dont on connait l'importance pour la physico-chimie.

Les résultats trouvés dans ce laboratoire par MM. Dutoit et Friderich [2] qui ont constaté que le coefficient de température n'a pas rigoureusement la même valeur pour tous les liquides, justifiaient pleinement, selon nous, la nécessité d'étendre ce genre de mesures à un nombre plus grand de liquides.

Dans la première partie de ce mémoire, nous avons

[1] Ramsay et Schields. *Zeitschrift für physik. Chemie* 12. 1893.
[2] Dutoit et Friderich. *Arch. Sc. phys. et nat.* (4) t. XIV p. 105. 1900.

décrit, avec tous les détails nécessaires, le procédé expérimental que nous avons suivi et enregistré simplement nos résultats.

Ceux-ci sont discutés dans la deuxième partie où l'on trouvera également quelques applications des données que nous avons établies.

I

PARTIE EXPÉRIMENTALE

MÉTHODES

Les mesures d'ascensions capillaires ont été effectuées par la méthode de MM. Ramsay et Shields[1] dont on rappelle ici les principaux éléments.

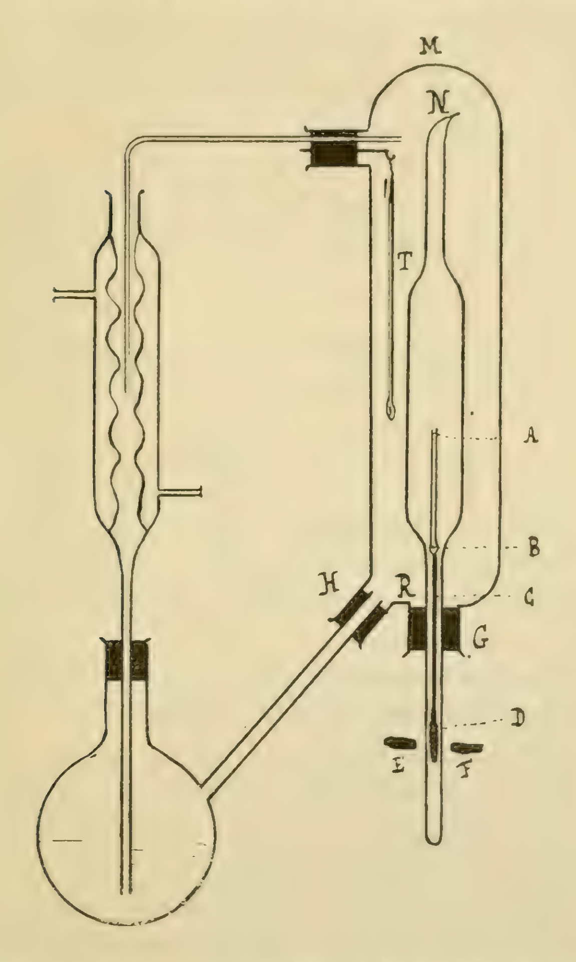
Le capillaire employé pour ces déterminations était un tube thermométrique A B à parois épaisses dont l'une des extrémités A est soigneusement calibrée sur une longueur de un centimètre environ. L'autre extrémité B est percée latéralement d'un trou par lequel passe le liquide en expérience.

En dessous de cette ouverture est soudée une tige de verre C de sept à huit centimètres de longueur qui porte à sa partie inférieure un tube de verre étiré D contenant une petite masse de fer.

Ce dispositif permet de déplacer le capillaire avec un aimant E F et de le maintenir à une hauteur convenable dans le tube en forme de pipette N qui contient le liquide à étudier, tube que nous désignerons sous le nom de *tube laboratoire*.

[1] Ramsay et Schields, *loc. cit.*

L'appareil peut être placé dans une étuve M dont la température est maintenue constante par une circulation de vapeurs provenant d'un liquide en ébullition.



Les deux tubulures H et G étant presque sur le même plan horizontal, on évite tout amas de liquide en R par condensation de la vapeur en circulation. La

partie de l'appareil qui se trouve enveloppée par le courant de vapeur est ainsi à la même température.

Comme liquide de chauffe, nous avons pris de préférence l'acétone (55°), l'alcool méthylique (64°), l'alcool éthylique (75°), le toluène (105°), l'anisol (152°) qui peuvent être obtenus assez purs pour que leur point d'ébullition soit sensiblement constant.

Les températures exactes auxquelles l'appareil est porté, sont controlées au moyen du thermomètre T qui, dans nos expériences, permettait d'apprécier facilement le $\frac{1}{10}$ de degré.

Les ascensions capillaires H ont été mesurées avec un cathétomètre muni d'un vernier donnant le $\frac{1}{20}$ de mm.

Pour tous les corps étudiés, chaque valeur de H est la moyenne de 4 lectures au moins. Chaque lecture est exprimée en centimètres avec trois décimales ; la moyenne des 4 lectures avec quatre décimales et enfin la moyenne des moyennes est donnée avec trois décimales.

Pour faire les lectures, nous avons toujours visé le ménisque dans sa partie la plus basse.

Quant au mode opératoire, il est le suivant :

Après avoir lavé le tube laboratoire et le capillaire à l'acide chromique, à l'eau et à l'alcool, on les sèche au moyen d'un courant d'air chaud.

On introduit alors le liquide à étudier dans le tube laboratoire dans lequel on a déjà placé le capillaire ; on étire l'extrémité supérieure N du tube laboratoire, de façon à pouvoir le fondre facilement à la flamme.

On le met ensuite en communication avec une trompe, on chauffe le liquide jusqu'à complète ébullition et

tandis que la vapeur est aspirée, on ferme rapidement le tube au chalumeau.

L'appareil est alors placé dans une étuve à température constante.

A l'aide d'un aimant, on soulève le capillaire de telle sorte que le ménisque supérieur s'arrête dans la partie calibrée, et on s'assure que le liquide a bien pris son équilibre en effectuant plusieurs séries de lectures à des intervalles de 10 à 15 minutes.

Pour calibrer le capillaire, nous avons déterminé la hauteur d'ascension du benzène pur par plusieurs séries de lecture.

La tension superficielle de ce liquide étant connue, on peut calculer le rayon r du tube par la formule

$$\gamma = \frac{1}{2} r h g (d - \sigma) \qquad (1)$$

Le tableau suivant donne sous la rubrique (h-h') la distance verticale entre l'extrémité supérieure du capillaire et le ménisque supérieur du liquide dans le capillaire, t la température à laquelle a été faite l'observation, H la hauteur d'ascension dans le capillaire et r le rayon du capillaire au niveau du ménisque supérieur.

(h-h')	$t°$	H	H' (R. et S.)	r
cm.	°	cm.	cm.	cm.
0.165	6°.8	4.1075	3.697	0.01659
0.322	7°.3	4.1200	3.691	0.01651
0.363	7°.3	4.1133	3.691	0.01654
0.455	6°.5	4.0950	3.701	0.01666
0.623	6°.8	4.1000	3.697	0.01662
0.776	6°.9	4.1000	3.696	0.01661
0.847	6°.8	4.1015	3.697	0.01661
0.975	6°.8	4.1000	3.697	0.01662

MM. Ramsay et Shields ont déterminé les hauteurs d'ascension du benzène pur avec un capillaire dont le rayon était égal à 0,01843 cm.

Les valeurs obtenues par ces savants, aux mêmes températures, sont inscrites dans la colonne H'.

Le rayon cherché r du tube est alors donné par la relation :

$$r = \frac{0.01843 \times H'}{H}$$

Comme on le voit par les chiffres inscrits dans la dernière colonne du tableau, le capillaire est presque cylindrique à partir de $(h\text{-}h') = 0.455$.

Pour cette raison, nous nous sommes appliqués à ramener toujours le ménisque supérieur des liquides étudiés entre les points $(h\text{-}h') = 0.455$ et $(h\text{-}h') = 0.975$.

Le rayon r du capillaire étant connu, la tension superficielle, en dynes, d'un liquide donné, est exprimée par la formule (1) dans laquelle $g = 981$, h représente la hauteur d'ascension en centimètres, d la densité du liquide et σ la densité de la vapeur à la température de l'expérience et sous la tension de vapeur du liquide. σ doit être rapporté à la densité de l'eau prise comme unité.

Nous n'avons pas calculé σ même à des températures voisines du point d'ébullition du corps en expérience car cette correction ne modifie que d'une ou deux unités de la troisième décimale au plus la valeur de d. D'ailleurs, si l'on a soin de ne pas tenir compte de la dilatation du verre, dilatation qui augmente le rayon du capillaire, les deux erreurs se compensent aux erreurs d'expérience près, du moins dans les conditions de nos mesures.

Les densités ont été déterminées au moyen d'un dilatomètre à tige graduée.

Le calibrage de cet appareil se fait par des mesures sur de l'eau distillée bouillie.

Le volume du réservoir était de 3.281 cm³., celui d'une division de la tige de 0.0019 cm³.

Le dilatomètre contenant le liquide à étudier était placé avec un thermomètre dans une étuve à doubles parois chauffée par une vapeur en ébullition. Cette étuve en verre était assez profonde pour éviter l'émergence du thermomètre et du dilatomètre.

Les liquides de chauffe étaient les mêmes que ceux employés pour les ascensions capillaires.

Nous avons, en général, déterminé quatre densités, pour chaque corps, aux températures de 12°, 60°, 105°, 153° environ. Les résultats doivent être exacts à une ou deux unités près de la quatrième décimale.

Les quatres valeurs obtenues ont servi à tracer des graphiques à l'échelle de deux millim. pour un degré et deux millim. pour une unité de la troisième décimale des densités, graphiques sur lesquels nous avons lu les densités aux températures exactes auxquelles les ascensions capillaires avaient été mesurées.

En outre, pour les corps dont la dilatation n'avait pas encore été étudiée, les valeurs des densités ont été relevées de 10° en 10° sur les graphiques pour être réunies dans de petits tableaux.

Enfin, pour chaque liquide, on a calculé la valeur numérique des coefficients d'une formule à deux termes de la forme

$$d_t = d_o - at - bt^2$$

Observations.

Nos mesures sont consignées dans les tableaux qui suivent dans lesquels on trouvera pour chaque corps étudié :

1° Les densités observées à diverses températures ;

2° La formule d'interpolation représentant ces densités ;

3° La comparaison entre les valeurs des densités données par cette formule (d calc.) et celles lues sur les graphiques ;

4° Les mesures d'ascensions capillaires à diverses températures, avec les valeurs de la tension superficielle γ aux mêmes températures, calculées comme on l'a expliqué plus haut, ainsi que les valeurs de la tension superficielle moléculaire calculée par la formule $\gamma(Mv)^{\frac{2}{3}}$ dans laquelle M représente le poids moléculaire et v est le volume d'un gramme de liquide à la température de l'expérience. Les quantités γ et $\gamma(Mv)^{\frac{2}{3}}$ sont exprimées en dynes ;

5° Les valeurs, entre les divers intervalles de températures considérés, du coefficient de variation de la tension superficielle moléculaire, coefficient qui est donné par la relation :

$$K = \frac{\gamma^1 (Mv_1)^{2/3} - \gamma (Mv)^{2/3}}{t - t_1}$$

6° Enfin le coefficient ou facteur de polymérisation x calculé par la formule

$$x = \left(\frac{2.121}{K}\right)$$

I. *Anisol.* $C\,O_6C\,H = M_5\,{}_3$ — H108.

Provenant de la fabrique Kahlbaum. Echantillon fractionné ayant servi à la mesure des températures et pressions critiques (Guye et Mallet).

PE. 151°0 sous 724 mm.

Densités. Valeurs observées.

t	*d*	*t*	*d*
16°.7	0.9951	96°.7	0.9182
55°.3	0.9616	155°.0	0.8607

Formule d'interpolation :

$$d_t = 0.9951 - 0_3{,}896\,(t-16°7) - 0_6{,}56\,(t-16°7)^2$$

t	*d* int. gr.	*d* calc.
9°	1.0022	1.0022
20°	0.9923	0.9922
30°	0.9835	0.9832
40°	0.9744	0.9740
50°	0.9653	0.9647
60°	0.9561	0.9554
70°	0.9463	0 9459
80°	0.9367	0.9362
90°	0.9267	0.9265
100°	0.9167	0.9167
110°	0.9067	0.9067
120°	0.8963	0.8966
130°	0.8864	0.8865
140°	0.8757	0.8762
150°	0.8656	0.8658

Constantes capillaires.

t	H		
9°	4.340	r =	0.01662
9°	4.350	d =	1.0022
9°	4.341	γ =	35.48
9°	4.343	$\gamma\,(Mv)^{2/3}$ =	803.45

t	H	
		$r = 0.01662$
54°.6	3.880	$d = 0.9610$
54°.7	3.873	$\gamma = 30.36$
54°.6	3.876	$\gamma (Mv)^{2/3} = 695.90$
98°.8	3.317	$r = 0.01662$
98°.8	3.316	$d = 0.9178$
98°.8	3.312	$\gamma = 24.8$
98°.8	3.315	$\gamma (Mv)^{2/3} = 595.5$
152°.4	2.760	$r = 0.01660$
153°	2.750	$d = 0.8622$
153°.3	2.731	$\gamma = 19.28$
152°.9	2.747	$\gamma (Mv)^{2/3} = 482.56$

Cœfficients K *et* x.

t		K	x
9°	54°.6	2.358	0.85
9°	98°.8	2.315	0.87
9°	152°.9	2.229	0.92

II. *Phénétol.* $C_6H_5.OC_2H_5$ M = 122

de la fabrique Kahlbaum. Echantillon purifié par distillation. Nous n'avons pu obtenir qu'une partie distillant de 165°.7 à 166°.6 sous 736,2 mm.

Densités. Valeurs observées

t	d	t	d
20°.8	0.9659	107°.3	0.8838
64°.5	0.9235	152°.1	0.8384

Formule d'interpolation :

$$d_t = 0.9659 - 0{,}_3 96\,(t - 20°8) - 0{,}_7 33\,(t - 20°8)^2$$

t	d	d
25°	0.9618	0.9620
35°	0.9524	0.9523
45°	0.9429	0.9427

t	d	d
55°	0.9332	0.9331
65°	0.9236	0.9235
75°	0.9141	0.9139
85°	0.9046	0.9043
95°	0.8950	0.8947
105°	0.8854	0.8851
115°	0.8756	0.8753
125°	0.8657	0.8656
135°	0.8556	0.8559
145°	0.8457	0.8462
155°	0.8355	0.8364

Constantes capillaires.

t	h	
19°.4	4.135	r = 0.0166
19°.6	4.130	d = 0.9672
18°.8	4.152	γ = 32.60
19°.2	4.140	$\gamma\,(Mv)^{2/3}$ = 819.91
63°.6	3.615	r = 0.01661
63°.6	3.617	d = 0.9249
63°.6	3.618	γ = 27.25
63°.6	3.617	$\gamma\,(Mv)^{2/3}$ = 706.1
108°.7	3.158	r = 0.01661
108°.7	3.170	d = 0.8818
108°.7	3.161	γ = 22.70
108°.7	3.163	$\gamma\,(Mv)^{2/3}$ = 607.2
152°.4	2.667	r = 0.01662
152°.4	2.672	d = 0.8380
152°.4	2.662	γ = 18.22
152°.4	2.667	$\gamma\,(Mv)^{2/3}$ = 504.22

Coefficients K et x.

$t°$	K	x
19°.2 — 63°.6	2.563	0.75
19°.2 — 108°.7	2.376	0.84
19°.2 — 152°.4	2.370	0.94

III. *Méthyluréthane.* $CO{\genfrac{}{}{0pt}{}{-NH_2}{-OCH_3}}$ M = 75

Provenant de la fabrique Schuchardt de Görlitz.

Point de Fusion 52°. P. E. 177° sous 760.

Densités. Valeurs observées.

t	*d*	*t*	*d*
55°.4	1.1361	101°.2	1.0872
96°.6	1.0924	152°.7	1.0310

Formule d'interpolation :

$$d_t = 1.1361 - 0.00107\,(t - 55°4).$$

t	*d* int. gr.	*d* calc.
55°	1.1366	1.1365
65°	1.1260	1.1259
75°	1.1155	1.1152
85°	1.1046	1.1045
95°	1.0938	1.0938
105°	1.0828	1.0831
115°	1.0722	1.0724
125°	1.0614	1.0617
135°	1.0506	1.0510
145°	1.0398	1.0403

Constantes capillaires.

t	H	
55°.2	4.062	$r = 0.0166$
55°.8	4.055	$d = 1.1358$
56°.3	4.046	$\gamma = 37.49$
55°.9	4.055	$\gamma\,(Mv)^{2/3} = 612.47$

t	H	
101°	3.640	$r = 0.0166$
101°.2	3.633	$d = 1.0872$
101°.4	3.630	$\gamma = 32.2$
101°.2	3.635	$\gamma\,(Mv)^{2/3} = 541.6$
150°.9	3.173	$r = 0.01661$
150°.9	3.171	$d = 1.0334$
150°.9	3.173	$\gamma = 26.70$
150°.9	3.172	$\gamma\,(Mv)^{2/3} = 464.55$

Coefficients K et x.

t	K	x
55°.9 — 101°.2	1.564	1.57
55°.9 — 150°.9	1.557	1.58

IV. *Ethyluréthane.* $CO \begin{matrix} - NH_2 \\ - OC_2H_5 \end{matrix}$ M = 89

Echantillon provenant de la fabrique Schuchardt de Görlitz.

Point de fusion 49°. P. E. 179°.

Densités. Valeurs observées.

t	d	t	d
65°	1.0411	108.3	0.9999
76°.8	1.0321	149	0.9553

Densités obtenues par interpolation graphique.

t	d	t	d
75°	1.0336	125°	0.9821
85°	1.0237	135°	0.9713
95°	1.0133	145°	0.9600
105°	1.0031	155°	0.9483
115°	0.9928		

Constantes capillaires.

t	H	
65°.8	3.557	$r = 0.0166$
64°.9	3.577	$d = 1.0395$
64°.6	3.595	$\gamma = 30.26$
65°.1	3.576	$\gamma (Mv)^{2/3} = 587.81$
107°.7	3.232	$r = 0.01661$
107°.5	3.229	$d = 1.0006$
107°.5	3.220	$\gamma = 26.30$
107°.6	3.227	$\gamma (Mv)^{2/3} = 524.06$
152°.5	2.849	$r = 0.01661$
152°.6	2.837	$d = 0.9509$
152°.8	2.832	$\gamma = 22.00$
152°.6	2.839	$\gamma (Mv)^{2/3} = 453.30$

Coefficients K *et x*.

t	K	x
65°.1 — 107°.6	1.500	1.68
65°.1 — 152°.6	1.537	1.62

V. *Isopropyluréthane.* $CO \begin{matrix} -NH_2 \\ -OC_3H_7 \end{matrix}$ M = 103

de la fabrique Schuchardt de Görlitz.

Point de fusion 52°. P. E. 194°.

Densités. Valeurs observées.

t	d	t	d
65°.2	0.9953	108.4	0.9543
77°.2	0.9845	152.5	0.9096

Densités obtenues par interpolation graphique.

t	d	t	d
65°	0.9961°	115	0.9474
75°	0.9868°	125	0.9373
85°	0.9772°	135	0.9272
95°	0.9674°	145	0.9171
105°	0.9575°	155	0.9068

Constantes capillaires.

t	H	
65°.4	3.415	r = 0.01661
65°.8	3.413	d = 0.9951
65°.4	3.413	γ = 27.67
65°.5	3.414	$\gamma (Mv)^{2/3}$ = 610.0
107°.3	3.103	r = 0.01661
107°.3	3.113	d = 0.9552
107°.3	3.100	γ = 24.18
107°.3	3.105	
107°.3	3.107	$\gamma (Mv)^{2/3}$ = 547.80
152°.4	2.780	r = 0.01662
152°.4	2.774	d = 0.9097
152°.4	2.766	γ = 20.56
152°.4	2.773	$\gamma (Mv)^{2/3}$ = 481.16

Coefficients K *et x*.

t	K	x
65°.5 — 107°.3	1.488	1.701
65°.5 — 152°.4	1.494	1.691

VI. *Phenyluréthane.* $CO{-NH_2 \atop -OC_6H_5}$ M = 137

Provenant de la fabrique Schuchardt de Görlitz.

Point de Fusion 49°.

Densités. Valeurs observées.

t	d	t	d
63°.6	1.0782	109°.2	1.0387
77°.4	1.0665	152°.4	0.9992

Densités obtenues par interpolation graphique.

t	d	t	d
65°	1.0770	115°	1.0333
75°	1.0686	125°	1.0242
85°	1.0600	135°	1.0150
95°	1.0513	145°	1.0059
105°	1.0423	155°	0.9968

Constantes capillaires.

t	H	
63°.8	3.969	r = 0.01661
63°.8	3.995	d = 1.0780
63°.8	3.982	γ = 34.17
63°.8	3.982	$\gamma (Mv)^{2/3}$ = 857.09
108°.8	3.620	r = 0.01661
108°.8	3.614	d = 1.0388
108°.8	3.625	γ = 30.68
108°.8	3.619	$\gamma (Mv)^{2/3}$ = 794.90
152°.8	3.216	r = 0.01661
152°.8	3.213	d = 0.9990
152°.8	3.217	γ = 26.17
152°.8	3.215	$\gamma (Mv)^{2/3}$ = 695.9

Coefficients K *et* x.

t	K	x
63°.8 — 108°.8	1.382	1.90
63°.8 — 152°.8	1.810	1.26

VII. *Méthyléthylcétoxime.* $CH_3-C\genfrac{}{}{0pt}{}{-C_2H_5}{=NOH}$. M = 87. préparé avec 1 kg. de méthyléthylcetone. Nous avons obtenu 600 gr. de méthyléthylcetoxime que nous avons fractionné. P. E. 150°.

Densités. Valeurs observées.

t	d	t	d
0°.0	0.9385	55°.1	0.8889
14°.6	0.9255	98°.4	0.8474

Formule d'interpolation.

$$d_t = 0.9385 - 0{,}_38814\ t - 0{,}_6428\ t^2$$

t	d int. gr.	d calc.
10°	0.9299	0.9297
13°.8	0.9264	0.9263
20°	0.9210	0.9208
30°	0.9119	0.9118
40°	0.9029	0.9027
50°	0.8936	0.8935
60°	0.8841	0.8842
70°	0.8742	0.8742
80°	0.8656	0.8655
90°	0.8552	0.8559
100°	0.8456	0.8462
110°	0.8369	0.8370
120°	0.8267	0.8268
130°	9.8168	0.8171
140°	0.8070	0.8071
150°.4	0.7963	0.7963

Constantes capillaires.

t	H	d	γ	$\gamma\ (Mv)^{2/3}$
13°.8	2.788	0.9263	29.30	605.40
150°.4	1.777	0.7963	16.05	366.81

$r = 0.02313$

Coefficients K *et* x.

t	K	x
13.8 — 150.4	1.746	1.33

VIII. *Valéroxime.* $C_4H_9 - C\genfrac{}{}{0pt}{}{H}{NOH}$ $M = 101$. (collection de M. le prof. Louguinine). Preparé à partir de l'aldéhyde valérique. Ne se conserve pas à la lumière.

Densités. Valeurs observées.

t	d	t	d
15°.6	0.8962	96°.6	0.8232
17°.6	0.8943	99°.5	0.8205
57°.5	0.8550	152°.8	0.7708

Formule d'interpolation :

$$d_t = 0.8962 - 0{,}_3 89\,(t - 15°6) - 0{,}_6 18\,(t - 15°6)^2$$

t	d int. gr.	d calc.
25°	0.8879	0.8879
35°	0.8790	0.8790
45°	0.8700	0.8701
55°	0.8610	0.8610
65°	0.8520	0.8519
75°	0.8428	0.8428
85°	0.8337	0.8337
95°	0.8246	0.8245
105°	0.8155	0.8153
115°	0.8062	0.8061
125°	0.7970	0.7968
135°	0.7878	0.7875
145°	0.7784	0.7781
155°	6.7691	0.7689

Constantes capillaires.

t	H	
15°.8	3.745	$d = 0.8958$
16°.1	3.733	$\gamma = 27.28$
16°.8	3.735	$r = 0.01662$
16°.2	3.737	$\gamma\,(Mv)^{2/3} = 636.66$

t	H	
		$r = 0.01661$
55°.4	3.358	$d = 0.8608$
55°.4	3.365	$\gamma = 23.58$
55°.4	3.362	$\gamma\,(Mv)^{2/3} = 565.12$
106°.6	2.926	$r = 0.01661$
106°.4	2.935	$d = 0.8144$
106°.3	2.918	$\gamma = 19.40$
106°.4	2.917	$\gamma\,(Mv)^{2/3} = 482.44$
106°.4	2.924	
152°	2.481	$r = 0.0166$
152°.4	2.473	$d = 0.7715$
152°.4	2.486	$\gamma = 15.58$
152°.2	2.480	$\gamma\,(Mv)^{2/3} = 401.70$

Coefficients K *et* x.

t	K	x
16°.2 — 55°.4	1.825	1.25
16°.2 — 106°.4	1.709	1.39
16°.2 — 152°.2	1.727	1.35

IX. *Nitrobenzène.* $C_6H_5 - NO_2$. M = 123
Echantillon provenant de la fabrique Kahlbaum purifié par cristallisation.

Densités. Valeurs observées.

t	d	t	d
11°	1.2075	96.7	1.1257
55°	1.1682	152.9	1.0626

Formule d'interpolation :

$$d_t = 1.2075 - 0,_3 845\,(t - 11°) - 0,_5 125\,(t - 11°)^2$$

t	d int. grap.	d calc.
15°	1.2042	1.2041
25°	1.1954	1.1956
35°	1.1868	1.1865

t	d int. grap.	d calc.
45°	1.1776	1.1774
55°	1.1682	1.1680
65°	1.1586	1.1583
75°	1.1489	1.1483
85°	1.1388	1.1382
95°	1.1282	1.1278
105°	1.1169	1.1171
115°	1.1062	1.1066
125°	1.0948	1.0950
135°	1.0834	1.0835
145°	1.0718	1.0719

Constantes capillaires.

t	H	
9°.4	4.441	$r = 0.01663$
9°.4	4.441	$d = 1.209$
9°.4	4.441	$\gamma = 43.8$
9°.4	4.441	$\gamma\,(Mv)^{2/3} = 954.5$
55°.2	4.034	$r = 0.01662$
55°.3	4.034	$d = 1.1680$
55°.7	4.031	$\gamma = 38.41$
56°	4.033	$\gamma\,(Mv)^{2/3} = 856.54$
55°.5	4.034	
98°.8	3.632	$r = 0.01664$
98°.6	3.632	$d = 1.1240$
99°	3.632	$\gamma = 33.26$
98°.8	3.632	$\gamma\,(Mv)^{2/3} = 760.9$
153°	3.170	$r = 0.0166$
153°	3.166	$d = 1.0625$
153°	3.166	$\gamma = 27.4$
153°	3.170	$\gamma\,(Mv)^{2/3} = 650.8$
153°	3.168	

Coefficients K *et x*.

t	K	x
9°.4 — 55°.5	2.124	0.99
9°.4 — 98°.8	2.165	0.96
9°.4 — 153°	2.114	1.01

K (moyenne) = 2.134 K moyenne (R et S) = 2.093

X. *Benzonitrile.* C_6H_5 . CN . M = 103

provenant de la fabrique Kahlbaum. Echantillon purifié par distillation.

P. E. 188°7-188°9 sous $740^{mm}4$.

Pour les densités, on a admis les valeurs publiées par Kopp [1].

Constantes capillaires.

t	H	
		$r = 0.0166$
8°.2	4.790	$d = 1.0157$
8°.2	4.788	$\gamma = 39.61$
7°.8	4.792	$\gamma (Mv)^{2/3} = 861.4$
8°	4.790	
55°	4.258	$r = 0.01662$
55°.4	4.253	$d = 0.9726$
54°.3	4.272	$\gamma = 33.82$
55°	4.276	$\gamma (Mv)^{2/3} = 757.0$
54°.9	4.265	
99°.2	5.850	$r = 0.01662$
99°.3	3.848	$d = 0.9388$
99°	3.850	$\gamma = 29.30$
99°.1	3.849	$\gamma (Mv)^{2/3} = 673.9$
152°	3.268	$r = 0.01659$
152°.6	3.266	$d = 0.8848$
152°.6	3.270	$\gamma = 23.53$
152°.4	3.268	$\gamma (Mv)^{2/3} = 561.0$

[1] Kopp, *Liebigs Annalen* t. 94.

Coefficients K *et* x.

t	K	x
8° — 54°.9	2.226	0.93
8° — 99°.1	2.068	1.04
8° — 152°.4	2.080	1.02

Le benzonitrile avait déjà été étudié par MM. Ramsay et Shieds qui indiquent pour valeur moyenne du cœfficient K le nombre 2.127 très voisin de la moyenne 2.124 de nos mesures.

XI. *Métacrésol*. $C_6H_4 \begin{smallmatrix} -OH \\ -CH_3 \end{smallmatrix}$. M = 108.

Provenant de la fabrique Kahlbaum. Echantillon purifié par distillation fractionnée.

P. E. 198°.4 — 198°.6 sous 714.5^{mm}.

Densités empruntées au mémoire de Kopp déjà cité.

Constantes capillaires.

t	H	
9°	4.447	r = 0.01661
9°	4.448	d = 1.0702
9°	4.448	γ = 38.78
		$\gamma\,(Mv)^{2/3}$ = 840.6
9°	4.448	
55°	4.032	r = 0.0166
55°.4	4.033	d = 1.0052
56°	4.025	γ = 32.98
55°.4	4.030	$\gamma\,(Mv)^{2/3}$ = 745.3
98°.6	3.709	r = 0.01661
98°.8	3.708	d = 0.9695
98°.7	3.709	γ = 29.29
98°.7	3.709	$\gamma\,(Mv)^{2/3}$ = 678.1
153°	3.202	r = 0.0166
153°.2	3.193	d = 0.9217
153°.2	3.207	γ = 24.02
153°.1	3.201	$\gamma\,(Mv)^{2/3}$ = 575.1

Coefficients K *et* x.

	t	K	x
9°	55.4	2.053	1.05
9°	98.7	1.811	1.26
9°	153.1	1.842	1.23

XII. — *Acétate d'éthyle*. $CH_3\ CO_2C_2H_5$ M = 88 purifié par distillation fractionnée.

P. E. 74°9 — 75° sous 714 mm.

Densités empruntées au mémoire de MM. Young et Thomas [1].

Constantes capillaires.

t	H		
9°.6	3.332	r =	0.0166
9°.5	3.320	d =	$\frac{1}{1.0944}$
9°.5	3.312	γ =	24.71
9°.5	3.322	$\gamma\,(Mv)^{2/3}$ =	519.16
		$\gamma\,(Mv)^{2/3}$ =	525.1 (R. et S.)
55°.2	2.700	r =	0.0166
55°.7	2.708	d =	$\frac{1}{1.1677}$
56°	2.691	γ =	18.82
55°.6	2.700	$\gamma\,(Mv)^{2/3}$ =	413.0
		$\gamma\,(Mv)^{2/3}$ =	421.0 (R. et S.)
77°	2.468	r =	0.0166
77°	2.464	d =	0.8286
77°	2.466	γ =	16.63
77°	2.466	$\gamma\,(Mv)^{2/3}$ =	373.0
		$\gamma\,(Mv)^{2/3}$ =	374.2 (R. et S.)

[1] Young et Thomas. *Journ. Chemie. Soc.* 1893. (1191-1262).

Coefficients K *et* x.

t	K	K (moyenne)	x
9°.5 — 55°.6	2.302	2.233	0.88
9°.5 — 77°	2.165		0.96

Les mesures effectuées sur l'acétate d'éthyle avaient surtout pour but de comparer nos mesures avec celles faites au laboratoire de M. Ramsay [1]. Ces mesures ont donné pour valeurs de K les résultats qui suivent :

t	K	(K moyenne)
9°.5 — 55°.6	2.258	2.254
9°.5 — 77°	2.250	

Les planches VII et VIII, annexées au présent mémoire, représentent, pour les divers corps étudiés, les courbes en fonction de la température des valeurs des tensions superficielles moléculaires et des tensions superficielles usuelles.

(A suivre.)

[1] Ramsay et Shields, *loc. cit.*

APPAREIL ET MÉTHODE

POUR LA

MESURE DE L'ACTION DE LA LUMIÈRE

SUR LES

PLAQUES PHOTOGRAPHIQUES

PAR

F.-F. MARTENS et F.-J. MICHELI

I

§ 1. Un appareil permettant de déterminer exactement le noircissement des plaques photographiques sous l'action de la lumière présente au point de vue pratique les avantages suivants :

1° Il permet de comparer la sensibilité de différentes espèces de plaques.

2° Il permet de comparer entre elles les actions dues sur une même plaque aux différentes parties du spectre.

3° Il peut être d'une grande utilité pour la photométrie photographique[1].

4° et 5° Au point de vue théorique, il facilite la recherche de la loi qui relie l'action photographique soit

[1] J. Hartmann. *Zeitschr. für Instrumentenkunde*, 20 (1900).

à la durée d'exposition, soit à l'intensité de la lumière incidente.

II. Description de l'appareil.

§ 2. Le nouvel appareil[1] est représenté en entier sur la fig. 1 et en coupe verticale sur la fig. 2. Les diffé-

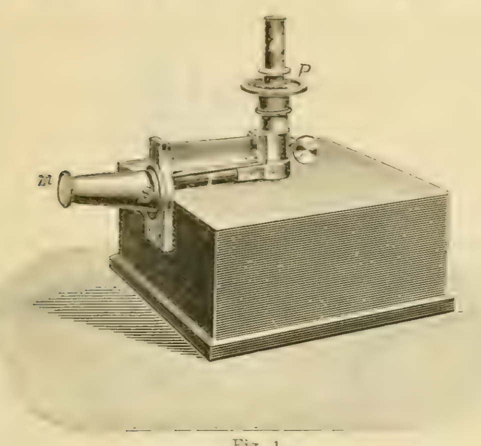


Fig. 1.

rentes parties sont montées sur une caisse en bois de 25 cm. de longueur, 25 cm. de largeur et 12 cm. de hauteur. En *m* (fig. 1 et 2) se trouve une glace de verre opalin devant laquelle on place une source lumineuse (une lampe à incandescence ou un bec Auer). Les rayons émanant de celle-ci se divisent en deux faisceaux et suivent les chemins 1 et 2 indiqués sur la fig. 2. Les rayons 2 sont réfléchis par la face argentée du prisme *p* et arrivent à l'ouverture excentrique *e* du diaphragme *ei* après avoir traversé la lentille *l* qui les rend convergents; les rayons 1 sont réfléchis par le

[1] L'appareil est construit par la maison Franz Schmidt & Hænsch, Berlin S.

prisme *q* dont la face est également argentée, traversent la plaque photographique P que l'on veut étudier et arrivent à la seconde ouverture *i* du diaphragme *ci*.

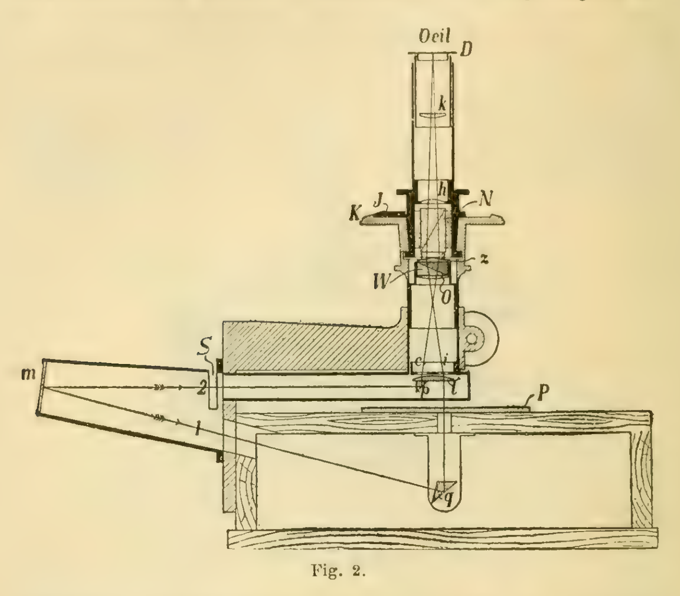


Fig. 2.

Les deux faisceaux traversent ensuite en suivant : l'objectif *O*, le prisme biréfringent de Wollastone *W*, le biprisme *Z*, le nicol analyseur *N* et les deux lentilles *h* et *k* d'un oculaire de Ramsden pour arriver enfin à l'ouverture centrale du diaphragme *D* et de là à l'œil de l'observateur. La combinaison du prisme de Wollaston avec le biprisme constitue la partie essentielle de l'appareil. [1]

[1] La première application d'une combinaison semblable a été faite par M. A. König, « Spectralphotometer » *Wied. Ann.* 53, p. 785 (1894), puis par M. F.-F. Martens dans une nouvelle construction du photomètre de König, *Verhandl. d. deutsch. Phys. Ges.* p. 280 (1899) et dans un photomètre pour la lumière blanche, *Phys. Zeitschr.* I, p. 299 (1900).

En réalité il se forme dans le plan de *D* quatre images de chacune des deux ouvertures *c* et *i*, en tout huit images polarisées deux à deux dans deux directions perpendiculaires entre elles. Les prismes *W* et *Z* sont calculés de telle façon que deux de ces images, correspondant l'une à *c*, l'autre à *i* et polarisées perpendiculairement entre elles, coïncident exactement l'une avec l'autre et viennent se former au centre du diaphragme *D*. L'oculaire *hk* est mis au point exactement sur la ligne de séparation des deux moitiés du biprisme ; l'observateur verra donc la moitié 2 du champ éclairée par les rayons venant de *c* et la moitié 1 du champ éclairée par ceux venant de *i* et polarisés à angle droit avec les premiers. Le nicol *N* peut tourner dans un plan perpendiculaire à l'axe de l'instrument et ses rotations sont lues au moyen de l'index *J* sur le cercle gradué *K* (divisé en degrés). Par une rotation convenable du nicol, on pourra toujours amener les deux moitiés du champ à être également éclairées. Enfin une fente *S* (fig. 1 et 2) permet d'intercaler sur le passage des rayons 2 une plaque absorbante quelconque (une plaque photographique déjà impressionnée, par exemple) destinée à diminuer l'intensité des rayons 2, ce qui devient nécessaire lorsqu'il s'agit de mesurer le noircissement des plaques fortement impressionnées.

§ 3. L'appareil présente donc, comme c'est le cas d'ailleurs pour tous les appareils photométriques, trois parties distinctes :

1° Un système d'éclairage comprenant la source lumineuse, les deux prismes *p* et *q* et la lentille *l*. Les deux prismes *p* et *q* sont mis au point de la manière

suivante : on place en *D* une lampe à incandescence et l'on règle la position des prismes de telle sorte qu'il vienne se former en *m* deux images superposées des deux moitiés 1 et 2 du biprisme.

2° Un système optique permettant de comparer les intensités des deux faisceaux réfléchis par *p* et *q* et dont le biprisme constitue la partie essentielle.

3° Un système permettant de mesurer le rapport des intensités des deux faisceaux, et qui est formé par le nicol analyseur dont on peut facilement lire les rotations.

L'appareil peut servir à mesurer l'absorption que subit la lumière par son passage non seulement au travers de plaques photographiques, mais encore au travers d'autres substances diaphanes ou transparentes.

III. Théorie des mesures.

§ 4. Les mesures à effectuer avec l'appareil décrit cidessus se réduisent donc à comparer la quantité constante de lumière entrant par l'ouverture *c* du diaphragme *ci* du photomètre (voir fig. 2, p. 474) à une quantité de lumière entrant par l'ouverture *i* et qui varie suivant la perte d'intensité qu'elle éprouve par son passage à travers la plaque *P*. Soit *C* la quantité constante de lumière entrant par *c*, J_x la quantité variable entrant par *i*; soit α_x la rotation du nicol analyseur *N* nécessaire pour amener les deux moitiés 1 et 2 du champ à être également éclairées; soit de plus $\alpha_x = 90$ pour $J_x = 0$. On a alors la relation :

$$(1) \qquad J_x = C \operatorname{cotg}^2 \alpha_x$$

Dans la figure 3, *oc* représente l'amplitude de *C*, *oi* l'amplitude de J_x, *op* la direction des vibrations que laisse passer le nicol analyseur. L'équation (1) se déduit directement de la figure 3, si l'on considère que les intensités sont proportionnelles aux carrés des amplitudes. Il est évident que la valeur de la constante C de la formule (1) varie suivant que l'on interpose ou non en S une plaque absorbante (fig. 1 et 2).

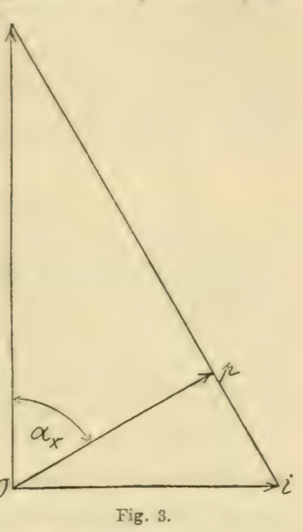


Fig. 3.

Soit J la quantité de lumière entrant par l'ouverture *i* lorsque rien n'est interposé sur le chemin des rayons I (fig. 2), que par conséquent l'intensité du faisceau *ql* n'est pas affaiblie ; soit J′ la quantité de lumière entrant par *i* lorsque sur la tablette de l'instrument l'on a placé une plaque *P* qui par réflexion et absorption affaiblit l'intensité du faisceau *q l* ; soient α et α' les valeurs de l'angle α_x lorsque les quantités de lumière entrant par *i* sont respectivement J et J′. D'après la formule (1) on a alors :

$$(2) \qquad \frac{J}{J'} = \frac{\text{tg}^2\alpha'}{\text{tg}^2\alpha}.$$

M. J.-M. Eder[1] définit le rapport $\frac{J}{J'}$ comme le de-

[1] J.-M. Eder. System der Sensitometrie photogr. Platten. *Photogr. Correspondenz* (1901).

gré d'opacité (Lichtundurchlässigkeit) de la plaque P. Nous définissons comme perte de lumière subie dans la plaque P le rapport $V = 100 . \frac{J-J}{J}$ c'est-à-dire la quantité de lumière retenue par la plaque P exprimée en pour cent de la quantité de lumière incidente. En tenant compte de l'équation (2) l'on a :

$$V = 100\left(1 - \frac{tg^2\alpha}{tg^2\alpha'}\right). \qquad (3)$$

Le tableau I donne quelques valeurs pour ces pertes de lumière :

TABLEAU I

	Perte de lumière V	Coefficient d'absorption α	Opacité $\frac{J}{J'}$
Plaque de verre propre	8,51 %	0,0851	1,0930
Gélatine propre......	18,0	0,18	1,2195
Gélatine développée..	31,00	0,31	1,4493
Gélatine exposée et développée........	93,104	0,931	14,5

Pour que l'on comprenne facilement le tableau, ajoutons que la plaque de verre propre était une simple plaque de verre bien nettoyée et non recouverte de gélatine. De plus, une plaque sèche avait été recouverte en partie par une bande de papier noir collée sur la gélatine; une autre partie de la plaque n'avait pas été exposée à la lumière ; une troisième partie enfin avait été fortement exposée; la plaque fut alors soumise à l'action du révélateur jusqu'à ce que la partie non exposée commençât à se voiler; alors seulement la

bande de papier noir fut enlevée et la plaque tout entière fixée.

Si les pertes de lumière sont grandes, il est nécessaire d'intercaler dans la fente S une plaque absorbante, afin que les angles α ne se rapprochent pas trop de 90°, c'est-à-dire afin d'éviter les fautes qu'entraînerait sans cela dans les calculs une erreur de lecture même très petite.

M. Englisch[1] a beaucoup employé dans son récent travail les coefficients d'absorption α définis comme dans le tableau. Il nous semble cependant plus logique de donner ces quantités en pour cent; de plus la définition « coefficient d'absorption » n'est pas absolument correcte, puisque la perte de lumière est due en partie à la réflexion, voire même tout entière à la réflexion pour le cas d'une plaque de verre. Il nous semble préférable aussi de donner la perte de lumière V plutôt que le degré d'opacité $\frac{J}{J'}$; en effet, chacun sait, par exemple, qu'une plaque de verre réfléchit environ 8 % de la quantité de lumière incidente; au contraire cette quantité (8 %) exprimée par le chiffre 1,09 n'est pas aussi facilement compréhensible.

§ 5. *Noircissement absolu.* Considérons les quantités de lumière qui traversent différentes places d'une plaque photographique ; soient :

J la quantité de lumière incidente.

J_g la quantité de lumière qui traverse la gélatine *propre* (définie comme au paragraphe précédent).

[1] W. F. Englisch. Das Schwärzungsgesetz für Bromgelatine. Stuttgarter Habilitationsschrift, Halle W. Knapp 1901.

J_{ag} la quantité de lumière qui traverse la gélatine contenant une certaine quantité d'argent. Nous définissons comme « noircissement absolu » S_a de la plaque l'expression :

$$S_a = 100 \left(\frac{J_g - J_{ag}}{J_g} \right),$$

c'est-à-dire la quantité de lumière retenue par l'argent déposé dans la gélatine, exprimée en pour cent de la quantité de lumière incidente.

Si α_g et α_{ag} désignent les angles correspondants du nicol analyseur, nous aurons :

$$(4) \qquad S_a = 100 \left(1 - \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha_g}{\operatorname{tg}^2 \alpha_{ag}} \right).$$

D'après cette définition, le noircissement d'une couche de gélatine est égal à 0, lorsque la gélatine n'a été ni exposée, ni développée, mais seulement fixée, c'est-à-dire lorsqu'elle ne contient point d'argent.

§ 6. *Densité absolue.* Nous définissons la quantité $D_a = \log \frac{J_g}{J_{ag}}$ comme « densité absolue » du précipité d'argent contenu dans la gélatine. D'après certaines considérations sur la manière dont l'argent est déposé dans la couche de gélatine, mais aussi d'après des recherches quantitatives, il résulte que la quantité d'argent précipité est proportionnelle à la densité D_a. M. Eder a publié récemment le résultat de recherches de ce genre. La première colonne verticale du tableau II donne les densités calculées par M. Eder $\left(\log \frac{J}{J'} = \log \frac{J}{J_{ag}} \right)$; la seconde colonne donne les densités calculées au moyen de notre définition ; pour

effectuer ces calculs nous avons soustrait des valeurs des densités données par M. Eder la quantité $\log \frac{J}{J_g}$ = 0,086 qui figure dans les résultats du tableau I. La troisième colonne donne les quantités d'argent déterminées par M. Eder, enfin la quatrième colonne donne les quantités d'argent rapportées à la densité 1.

TABLEAU II

Opacité d'après Eder	Densité d'après Martens et Micheli	Quantité d'Ag pour 100 cm.² d'après Eder	Quantité d'Ag rapportés à la densité 1
0,5	0,41	0,0057	0,0137
0,8	0,71	0,0070	0,0100
1,0	0,91	0,0109	0,0120
1,5	1,41	0,0160	0,0114
2,0	1,91	0,0195	0,0102
		Moyenne...	0,0115

Il est très facile de calculer la densité absolue D_a lorsqu'on a déterminé les angles α_g et α_{ag}. On a alors :

$$(5) \qquad D_a = 2(\log \operatorname{tg} \alpha_{ag} - \log \operatorname{tg} \alpha_g),$$

ou en tenant compte de (4) :

$$D_a = 2 - \log (100 - S_a).$$

D'après les données de M. Eder, on peut alors calculer la quantité M d'argent précipité par 100 cm². au moyen de la relation :

$$M = 0,0115\, D_a$$

Les auteurs qui se sont occupés de ce sujet n'ont pas tenu compte, pour autant que nous savons, de la quantité de lumière réfléchie et absorbée par le verre de la plaque et par la gélatine propre. Notre définition au contraire donne aussi bien pour le noircissement S_a que pour la densité D_a la valeur 0, lorsque la gélatine a seulement été fixée (sans avoir été ni exposée, ni développée), c'est-à-dire lorsqu'elle ne contient pas d'argent.

§ 7. *Noircissement relatif.* Soit J_s la quantité de lumière qui traverse une place où la gélatine sans avoir été exposée, a cependant été développée avec le reste de la plaque. Admettons que J_s soit notablement plus petit que J_g, c'est-à-dire que la plaque ait été notablement voilée par l'action du révélateur. Soit α_s l'angle du nicol correspondant à J_s. Nous définissons alors comme « noircissement relatif » l'expression :

$$S_r = 100 \frac{J_s - J_{ag}}{J_s},$$

c'est-à-dire la quantité de lumière retenue par l'argent précipité par suite de l'exposition de la plaque à la lumière, exprimée en pour cent de la lumière incidente. Lorsque l'on a déterminé les angles α_s et α_{ag} on a pour S_r la relation :

$$(6) \qquad S_r = 100 \left(1 - \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha_s}{\operatorname{tg}^2 \alpha_{ag}}\right).$$

§ 8. *Densité relative.* Lorsqu'on connaît le noircissement relatif, l'on peut calculer facilement la « densité relative » :

$$D_r = 2 - \log(100 - S_r).$$

ou bien, lorsqu'on a déterminé les angles α_r, α_{ag} l'on a :

$$(7) \qquad D_r = 2(\log \operatorname{tg} \alpha_{ag} - \log \operatorname{tg} \alpha_r).$$

On peut, lorsque l'on connaît la densité relative, trouver la quantité d'argent déposé par 100 cm². dans la gélatine d'une plaque par suite de l'exposition de celle-ci à la lumière ; l'on a en effet la relation :

$$M = 0{,}0115\ D_r.$$

D'ailleurs on peut aussi obtenir indirectement les valeurs D_r, si l'on soustrait de la densité absolue d'une place exposée de la gélatine la densité absolue d'une place non exposée, mais développée.

IV. Mesures.

§ 9. *Mesures des angles de rotation du nicol.* La meilleure manière de déterminer la rotation α du nicol analyseur nécessaire pour amener les deux moitiés du champ à être également éclairées, est de faire quatre lectures successives dans les quatre quadrants. Pour la plaque de verre dont nous avons parlé plus haut (cf. p. 478), les mesures suivantes ont été faites :

	Lectures				Moyennes
Sans la plaque de verre	42,0°	137,5°	222,5°	317,4°	42,40°
Avec la plaque de verre	43,5	136,0	223,5	316,4	43,65
	43,5	136,3	223,5	316,4	43,55
Sans la plaque de verre	42,1	137,3	222,0	317,8	42,25

En substituant dans la formule (3) à α la valeur 42,33° à α' la valeur 43,60°, on trouve pour S_α la valeur 8,51 °/₀.

§ 10. *Influence de l'éclairement sur le noircissement relatif.* Les expériences suivantes, pour lesquelles M. Bechstein nous a obligeamment aidés, ont été faites dans le but d'étudier l'influence de l'éclairement (produit it de la quantité de lumière incidente i par la durée d'exposition t) sur le noircissement relatif (S_r) d'une plaque sèche. Pour impressionner les plaques nous avons employé comme source lumineuse une lampe Hefner avec dispositif nouveau pour contrôler la hauteur de la flamme[1]. Nous avons fait sur cette plaque deux séries d'épreuves, l'une en maintenant constante la durée d'exposition, mais en variant la quantité de lumière incidente, c'est-à-dire la distance de la lampe à la plaque, l'autre en maintenant constante la quantité de lumière incidente, mais en variant la durée d'exposition.

Si R désigne la distance en mètres de la lampe à la plaque, on a pour la quantité i de lumière incidente dans le plan de la plaque :

$$i = \frac{1}{R^2}.$$

Une plaque de tôle (10 × 13 cm.), pourvue dans le sens de sa largeur d'une fente de 9 cm. de long sur 1 cm. de large, et vissée sur le couvercle du châssis contenant la plaque (9 × 12 cm.) le prolongeait de 12 cm.

[1] Cf. F.-F. Martens. *Verhandl. d. deut. Phys. Ges.*, 2 p. 208 (1899).

environ et permettait en tirant le couvercle de faire cheminer la fente tout le long de la plaque en ne laissant jamais à découvert qu'une bande de 1 cm. de large. La plaque était recouverte d'une bande de papier noir de manière à laisser à découvert sur l'un des côtés de la plaque une bande de 5 × 12 cm. Le couvercle du châssis fut successivement tiré de 1 cm. chaque fois, tandis qu'on plaçait successivement la lampe Hefner à des distances de la plaque variant entre 0,25 m. et 3,50 m. La durée constante d'exposition pendant cette première série d'épreuves était de 20 secondes. Ensuite la bande de papier fut placée de l'autre côté de la plaque, et celle-ci exposée de nouveau de cm. en cm., mais cette fois la lampe Hefner restait à distance fixe (1,355 m.), tandis que les durées d'exposition variaient entre 3 et 588 secondes. Une bande de 1 × 12 cm. prenant tout le milieu de la plaque ne fut donc exposée dans aucun des deux cas. La plaque (O. Schröder Berlin S.) fut alors développée à l'hydrochinone (sans addition de bromure de potassium) jusqu'à ce que la bande de gélatine non exposée commençât à se voiler.

Le tableau suivant donne les résultats des mesures photométriques ; la première colonne donne les éclairements (produits it) en bougies-mètres-secondes. Les deux colonnes suivantes donnent la densité relative et le noircissement relatif pour $t =$ const. Enfin les deux dernières colonnes donnent ces mêmes quantités pour $i =$ const. Comme on le voit, les quantités de lumière incidente de la première série d'épreuves et les durées d'exposition de la seconde série avaient été calculées de façon à ce que les produits it soient toujours les mêmes pour deux épreuves correspondantes.

TABLEAU III

Eclairement en Bougies-Mètres-Secondes	t = const. = 20″		i = const. = 0,5446 bougies-mètres	
	Densité D_r	Noircissement S_r	Densité D_r	Noircissement S_r
1,632	0,0343	7,59 %	0,0163	3,63 %
2,768	0,0647	13,85	0,0400	8,81
4,690	0,1179	23,77	0,0878	18,31
7,952	0,170	32,31	0,1309	26,03
13,486	0,248	43,55	0,220	39,73
22,48	0,357	56,04	0,318	51,93
38,68	0,512	69,27	0,393	59,53
65,66	0,647	77,47	0,507	68,86
111,30	0,776	83,24	0,632	76,67
188,22	0,878	86,75	0,713	80,64
320,0	1,034	90,76	0,823	84,98

Pour une certaine valeur de l'éclairement comprise entre 7,952 et 13,486, le noircissement Sr pour t = const. devrait-être égal au noircissement Sr pour i = const., les valeurs des deux facteurs i et t du produit it étant pour ce cas particulier les mêmes dans les deux séries. Tel n'a cependant pas été le cas ; ce fait est peut-être dû à une inégalité de la couche de gélatine qui a pu être plus épaisse sur toute une moitié de la plaque que sur l'autre, peut-être aussi à une action irrégulière du révélateur, ou encore à l'action de la lumière (lumière rouge) dont on s'est servi pour pré-

parer la plaque dans le châssis. Enfin la mesure des durées d'exposition, bien qu'exécutée avec un chronomètre au $^1/_{5ième}$ de seconde n'est pas assez exacte. Malgré cela, nous donnons dans la fig. 4 le tracé graphique de la tabelle 3, c'est-à-dire le noircissement Sr en fonction du produit it. Il est probable que si toutes les sources d'erreurs que nous venons de signaler avaient pu être évitées et que si les expériences avaient été répétées sur un plus grand nombre de plaques, la concordance entre les deux courbes serait parfaite.

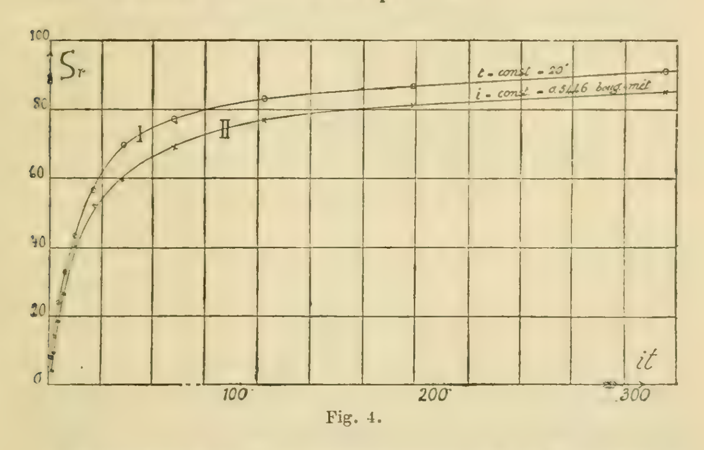


Fig. 4.

Si l'on veut étudier, comme l'a fait M. Eder dans le travail cité plus haut, l'influence des solutions qu'on emploie pour renforcer ou affaiblir les plaques, la représentation graphique employée par cet auteur est alors préférable : on porte en ordonnées les densités absolues Da calculées avec la formule (5).et en abscisses les logarithmes des éclairements it.

Berlin, Institut de physique, mars 1901.

LES

APPENDICES TERMINAUX

DES DENDRITES CÉRÉBRAUX

ET

LEURS DIFFÉRENTS ÉTATS PHYSIOLOGIQUES

PAR

Micheline STEFANOWSKA

Docteur es sciences naturelles de la Faculté de Genève.

(Avec la planche IX.

INTRODUCTION.

Le travail qui va suivre a été publié *in extenso*, accompagné de la même planche en 1897[1]. C'est la première étude approfondie sur les « appendices des dendrites » envisagés au point de vue de leur morphologie et de leurs modifications dans les différents états du cerveau. Ce sujet a attiré ensuite l'attention de nombreux auteurs.

D'autre part mes recherches ultérieures ont pleine-

[1] Stefanowska. Appendices terminaux des dendrites cérébraux et leurs différents états physiologiques (*Annales de la Soc. des Sciences* de Bruxelles, 1897, et *Travaux de l'Institut Solvay*, publiés par le prof. Heger, vol. I).

ment confirmé les faits énoncés dans cette première étude.

C'est pourquoi, profitant de l'hospitalité des *Archives*, je me propose de donner le résumé du travail publié il y a quatre ans, afin de mettre en relief les faits que j'y ai observés.

Dans ce résumé, je conserve sans changement l'ancienne description morphologique, la plus complète qui existe jusqu'à présent sur ce sujet. Quant aux expériences physiologiques, faute de place, j'en donne un aperçu abrégé, qui contient cependant les plus importants passages de mon ancienne rédaction. Le chapitre qui contenait dans la première édition les considérations générales a été supprimé, car dans la suite de cette *Introduction* je discute les mêmes points appuyés par des recherches nouvelles.

Depuis plusieurs années, j'étudie d'une manière systématique la morphologie des cellules nerveuses cérébrales et tout spécialement celle des dendrites et de leurs terminaisons. Mes recherches consignées dans de nombreuses publications antérieures ont contribué à établir d'une manière positive que les cellules cérébrales sont munies d'appareils terminaux qu'on a négligé de prendre en considération dans toutes les théories émises récemment sur le contact entre les neurones. En effet, les traités classiques qui datent de plusieurs années nous donnent des images incomplètes des cellules nerveuses, car il leur manque un élément anatomique caractéristique et constant chez les vertébrés, élément que j'ai proposé d'appeler : *Appendices piriformes*.

Dès 1891, Ramon y Cajal a signalé que dans

l'écorce cérébrale préparée par la méthode de Golgi on voit sur des ramilles protoplasmiques des pyramides une infinité de petites aspérités appelées par Cajal, *épines*. Plus tard, d'autres auteurs ont reconnu l'exactitude des données de Cajal ; Schaffer (1892) les a vues sur les cellules pyramidales de la corne d'Ammon; Edinger (1893) les a signalées chez les reptiles; Azoulay (1895) a vu les épines dans le cerveau de l'homme et de la souris; enfin Andriezen (1894), Monti (1895) et Berklay (1895) représentent les cellules corticales avec leurs épines caractéristiques.

Malgré ce signalement multiple, certains auteurs paraissent ignorer l'existence de ces épines, car ils ne les mentionnent même pas dans leurs ouvrages. D'autres gardent une réserve à l'égard de ces appareils par suite de ce fait que les épines apparaissent tantôt nombreuses sur des celles nerveuses, tantôt peu considérables, parfois elles manquent même totalement. D'autre part nombreux sont les auteurs qui confondent les épines avec les *varicosités*, dont elles se distinguent cependant aussi bien par leur forme que par leur disposition anatomique. Enfin, certains auteurs nient catégoriquement l'existence de ces appendices terminaux ; ils se basent sur ce fait que les épines apparaissent seulement dans les préparations faites par la méthode au bi-chromate d'argent et ne sont pas révélées par d'autres méthodes, et notamment par le bleu de méthylène. Kölliker affirme même que les épines, dans la majorité des cas, doivent être considérées comme des *produits artificiels*. Il faut avouer que la grande autorité de Kölliker était la cause principale pour laquelle les appendices terminaux sont jusqu'à présent

traités par de nombreux auteurs avec méfiance et indifférence.

En face de la divergence qui existait dans les opinions des différents auteurs, il y avait lieu d'entreprendre une étude systématique, afin d'établir la signification de ces soit disantes « épines ». Je crois avoir accompli cette tâche par une étude minutieuse de la morphologie des cellules nerveuses.

En 1897, j'ai publié la première partie de mes recherches à ce sujet intitulées : *Appendices terminaux des dendrites cérébraux et leurs différents états physiologiques*. Dans ce travail accompagné d'une planche j'ai nettement établi les points suivants :

1° Les appendices piriformes constituent incontestablement une *partie anatomique* des cellules nerveuses corticales dans un cerveau entièrement développé.

2° Dans un cerveau en voie de développement les *appendices piriformes* n'apparaissent que successivement et très tardivement dans l'évolution de la cellule nerveuse.

3° Quand on soumet l'animal soit à une excitation violente par l'électricité, soit à l'anesthésie prolongée, ces causes anormales provoquent dans l'écorce cérébrale des altérations rapides, mais qui n'atteignent jamais la totalité du territoire cortical. Le caractère principal de ces altérations consiste dans la *disparition d'un grand nombre d'appendices piriformes*, ainsi que dans la formation des gonflements *(varicosités)* sur les prolongements cellulaires.

La diminution du nombre d'appendices piriformes sur les dendrites altérés a été ensuite confirmée par

plusieurs auteurs, notamment par Querton [1], Havet [2], Soukhanoff [3], Van Gehuchten [4].

Ensuite par mes recherches sur l'écorce cérébrale chez les animaux nouveaux-nés [5], j'ai établi que les appendices piriformes apparaissent seulement au moment, où la cellule nerveuse a acquis sa forme et sa taille définitives. Ce fait a été confirmé postérieurement à mes recherches par Bechterew [6] chez l'embryon humain et par Soukhanoff [7] chez les nouveaux-nés de plusieurs classes des vertébrés.

D'autre part, je suis parvenue à colorer les appendices piriformes par plusieurs méthodes, à savoir : 1° par le procédé lent et rapide de Golgi ; 2° par la méthode de Cox ; 3° par le bichromate de potasse et sublimé (Flatau) ; 4° par injection vitale de bleu de méthylène (Ehrlich-Dogiel) ; 5° par apposition de cette matière colorante sur les morceaux de cerveau encore chaud (Cajal).

En m'appuyant sur les données énumérées plus haut,

[1] Querton. Le sommeil hibernal et les modifications des neurones cérébraux. (*Travaux de l'Institut Solvay*, 1898, p. 26).

[2] Havet. Etat moniliforme des neurones chez les invertébrés. (*La Cellule*, 1898, p. 39).

[3] Soukhanoff. (*Travaux du laboratoire de neurologie*, publiés par van Gehuchten, 1898, fasc. 2, p. 196.)

[4] Van Gehuchten. *Anatomie du système nerveux de l'homme*, troisième édition, vol. I, p. 279.

[5] Stefanowska. Evolution des cellules nerveuses corticales chez la souris après la naissance. (*Travaux du laboratoire de l'Institut Solvay*, 1898).

[6] Bechterew. Ueber die Entwickelung der Zellelemente in der Grosshirnrinde des Menschen. (*Neurologisches Centralblatt*, p. 770, 1899).

[7] Soukhanoff. (*Revue neurologique*, 1899, p. 659.)

je crois pouvoir conclure que la nature morphologique des *appendices piriformes* est définitivement démontrée.

Il restait encore à étudier la nature des *perles* ou *varicosités*, avec lesquelles on confond souvent les appendices piriformes. On sait à présent que dans certaines conditions expérimentales (par exemple dans l'électrisation et les anesthésies violentes) les prolongements des cellules nerveuses se couvrent de gonflements et prennent un *aspect moniliforme*. Ce fait que J. Demoor, le premier, a étudié expérimentalement fut confirmé ensuite par plusieurs auteurs et par moi-même.

Comment se forment ces gonflements, appelés *perles* ou *varicosités* qui, dans ces dernières années, ont attiré l'attention de nombreux savants ? Comme les recherches manquaient à cet égard, on discutait et interprétait la nature de ces perles de façon différente. On voyait déjà dans ces gonflements la preuve certaine que les prolongements des cellules nerveuses sont capables de se contracter à la façon des pseudopodes des *Amibes*. On croyait ainsi tenir la résolution du problème comment s'opèrent la rupture et le rétablissement de contact entre les neurones et par conséquent on croyait saisir le mécanisme du fonctionnement cérébral.

En face de ces discussions, il me paraissait intéressant d'entreprendre des recherches expérimentales afin d'*élucider la nature des perles*. Dans une étude approfondie sur les modifications que produit l'anesthésie par l'éther dans le cerveau[1], j'ai eu largement l'occa-

[1] Stefanowska. Localisation des altérations cérébrales produites par l'éther. (*Annales de la Société royale des sciences méd. et nat. de Bruxelles*. t. IX, 1900, et travaux de l'instit. *Solvay 1900*.)

sion d'étudier l'apparition et la transformation successive des *perles* sur les prolongements des cellules nerveuses chez les animaux adultes. Dans ce travail, j'arrive aux résultats suivants :

1° Dans le cas de léger assoupissement dans les vapeurs d'éther, les perles et les granulations font défaut dans l'écorce cérébrale.

2° Les perles forment de nombreux foyers dans l'écorce des animaux qui, par suite d'un long séjour dans les vapeurs denses d'éther, subissent un véritable empoisonnement qui met leur vie en danger.

3° Les perles, une fois apparues par suite de l'anesthésie, persistent longtemps dans le cerveau et ne se dissipent que plusieurs jours après l'expérience.

4° Les appendices piriformes, disparus pendant l'anesthésie dans les foyers altérés, réapparaissent de nouveau, mais cette restauration est lente et va de pair avec l'amélioration de l'état général du foyer altéré.

La lenteur avec laquelle les perles s'évanouissent après l'anesthésie, est certainement un fait défavorable à la théorie de l'amœboïsme nerveux basé sur l'apparition des perles. De plus, suivant mes observations personnelles, la formation des perles n'est pas due à la contraction du prolongement cellulaire, car la longueur des dendrites moniliformes ne varie pas par suite de cette déformation.

Quelle est donc l'origine des *perles* sur les prolongements des cellules nerveuses ?

Les résultats de mes recherches me font admettre que les perles qui apparaissent nombreuses dans le cerveau dans certaines conditions anormales, sont dues

à une décomposition (temporaire ou définitive) du protoplasme nerveux et que les perles ne seraient que des gouttelettes de la substance liquide qui s'accumule sur les prolongements cellulaires *fortement amincis par suite de cette décomposition*, comme on peut s'en persuader en étudiant les préparations microscopiques.

J'ai présenté et discuté les résultats de mes recherches sur la nature des perles au *Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences*, à Boulogne-sur-mer, en 1899, et au *Congrès de psychologie* à Paris, 1900, ainsi que dans un ouvrage récent[1]. Je suis donc surprise de constater que certains auteurs, tout en citant mes récentes publications, m'attribuent l'idée de défendre l'amœboïsme nerveux, alors que mes recherches expérimentales apportent des documents absolument défavorables à cette hypothèse, dans le cas où on lui donne pour base l'apparition des perles ou varicosités. De plus, jusqu'à présent je n'ai jamais pris part aux débats théoriques sur la question de l'amœboïsme cérébral; je décrivais et discutais simplement les faits que j'ai observés.

Or de toutes mes recherches se dégagent nettement deux faits, importants au point de vue de la théorie du contact entre les neurones :

1° Les appendices piriformes constituent les appareils terminaux des dendrites; *ils augmentent considérablement la surfaces des cellules nerveuses* et jouent un rôle important dans la physiologie du cerveau, car dans

[1] Stefanowska. Sur le mode de formation des varicosités dans les prolongements des cellules nerveuses. *Travaux de l'Institut Solvay*, 1900.

les cas de troubles graves les appendices piriformes disparaissent en partie ou en totalité sur des cellules altérées.

2. *Les perles* ou *varicosités* (qu'il ne faut pas confondre avec les appendices piriformes) *représentent dans le cerveau développé des modifications pathologiques de la cellule nerveuse*. Les perles n'apparaissent nombreuses qu'au cours des troubles graves et sont très rares dans le cerveau de l'animal sain. Ces résultats ont été exposés brièvement déjà dans mon travail de 1897 qui, par conséquent, n'a rien perdu de son actualité.

I. — Morphologie des appendices piriformes.

Comme sujets d'étude, nous avons choisi le cobaye et la souris blanche. La méthode employée était celle de Golgi-Cajal (procédé rapide).

Au point de vue de la technique, nous avons constaté que trois conditions doivent être réalisées pour l'étude des appendices protoplasmiques : les coupes doivent être très minces, le grossissement très fort, l'éclairage intense. La minceur des coupes permet d'éviter l'enchevêtrement des éléments nerveux ; on obtient même souvent des images de cellules isolées avec tous leurs prolongements ; ceux-ci apparaissent alors avec une admirable clarté et dans ce cas les appendices des dendrites se détachent aussi nettement que les plus fines ramifications protoplasmiques. Si quelques savants hésitent encore à admettre la réalité des appendices dendritiques, nous croyons que cela provient en grande partie de ce que tous ceux qui emploient la méthode de

Golgi pratiquent généralement des coupes assez épaisses ; nous reconnaissons que dans ces conditions il est souvent difficile de se prononcer.

D'autres conditions peuvent intervenir encore pour masquer la netteté de l'aspect des épines ; d'abord tous les animaux ne conviennent pas également : chez le cobaye, le ciment interstitiel de l'écorce cérébrale apparaît d'un jaune pâle très pur, donnant des préparations bien éclairées ; chez la souris la teinte est plutôt d'un jaune grisâtre, laissant moins passer la lumière. Enfin, l'âge de l'animal et le genre de mort auquel il a succombé exercent, comme nous le verrons dans la suite de ce travail, une très grande influence sur les appendices des dendrites ; il y a là une cause d'erreur dont il faut tenir compte.

Chez le cobaye, chez la souris et chez le chien, les appendices des dendrites n'ont pas la forme de dents ou d'épines, comme pourrait le faire croire leur habituelle désignation ; d'après nos observations, ces appendices seraient composés de deux parties distinctes : une partie terminale épaissie, ovoïde ou plus souvent piriforme, et un pédicule très fin, plus court que la partie ovoïde (Pl. IX, fig. 1 et 3). La ténuité du pédicule le rend parfois difficile à apercevoir ; souvent même il faut recourir aux plus forts grossissements, sans lesquels il semble que les parties épaissies n'ont aucune communication avec les rameaux protoplasmiques sur lesquels elles sont cependant implantées ; on pourrait les prendre alors pour des dépôts de sel précipité, bien que la régularité de leur aspect doive mettre en garde contre une telle erreur.

Mais sous de forts grossissements apochromatiques

(Zeiss 0.95 et 1.40), ces appendices perdent entièrement tout caractère de cristaux ou de dépôts irréguliers; ils ont une forme bien définie et l'on aperçoit leur pédicule implanté perpendiculairement sur le rameau protoplasmique: lorsque les appendices sont nombreux (nous verrons qu'ils ne le sont pas toujours), ils donnent aux prolongements protoplasmiques un aspect comparable à celui d'un arbre dont les branches au lieu de feuilles, seraient élégamment garnies d'une multitude de petits fruits ovoïdes (fig. 1, 2, 3 et 4).

En raison de cette disposition ordinaire et caractéristique de ces appendices, nous avons proposé de leur donner le nom d'appendices « piriformes ». Cette désignation nous paraît utile afin d'éviter toute confusion entre ces appendices, que nous considérons comme des appareils terminaux des neurones, et les objets mal déterminés que les auteurs désignent sous le nom d'aspérités, massues, varicosités, épines, dents, gemmules, givre, etc.

Si l'on examine un prolongement protoplasmique sous un fort grossissement, on constate que les appendices piriformes implantés sur un même rameau sont d'inégale grandeur. Il y en a de très petits, pâles, terminés par un bouton minuscule (fig. 4); ces appendices sont généralement très rapprochés du rameau qui les supporte. Puis il y a des appendices de grandeur moyenne: ils sont les plus nombreux et tous ont à peu près la même longueur: ils forment autour du rameau une rangée bien alignée. Enfin, par-ci par-là, on voit sur le même rameau des appendices géants, surpassant de beaucoup tous les autres en longueur et en épaisseur: ces derniers ressemblent à des massues, mais ces

appendices géants sont relativement très peu nombreux dans le cerveau normal.

En examinant l'écorce cérébrale du cobaye et de la souris blanche, nous avons constaté que *toutes les cellules pyramidales sans exception sont garnies d'appendices piriformes* ; ces appendices se trouvent non seulement sur le panache protoplasmique, mais nous les avons constamment trouvées en très grand nombre sur la tige principale et sur les rameaux collatéraux de cette tige, ainsi que sur les dendrites descendants ou basilaires, qui partent de la base du corps cellulaire et se dirigent vers la profondeur du cerveau. Il y a une certaine gradation dans la distribution des appendices piriformes le long des prolongements protoplasmiques ; ainsi les ramifications terminales du panache sont le plus richement garnies de ces appendices (fig. 2), de sorte que souvent on a de la peine à distinguer le ramuscule lui-même à travers sa végétation superficielle ; la tige principale avec ses rameaux collatéraux en est moins surchargée ; enfin, sur les dendrites basilaires, les appendices piriformes sont moins serrés que sur le reste des dendrites du même neurone. Ce qui est remarquable et certainement non sans importance pour la fonction nerveuse, c'est que *ces appendices manquent constamment sur certaines parties des neurones ; nous ne les avons jamais trouvés ni sur le cylindre-axe (ni sur le corps de la cellule* (fig. 1) ; de même la tige et les gros rameaux collatéraux en sont dégarnis à leur point d'émergence, puis, à une certaine distance du corps cellulaire les appendices piriformes apparaissent tout à coup en nombre considérable. Ramon y Cajal, du reste, a observé de la même manière cette répartition des appendices.

Le manque constant d'appendices piriformes sur certaines parties de la cellule nerveuse pourrait être invoqué comme preuve de leur nature morphologique ; car si ce n'était là qu'un aspect dû au dépôt de précipité ou de cristaux de chromate d'argent, on ne voit pas pourquoi ces prétendus dépôts respecteraient toujours la proximité du cylindre-axe et celle de la cellule pour ne s'attaquer qu'aux prolongements protoplasmiques.

Grâce à la présence ou à l'absence des appendices piriformes, on peut facilement distinguer dans les cellules pyramidales le prolongement cylindraxile des prolongements protoplasmiques; le premier présente des contours plus nets, plus réguliers, précisément parce qu'il ne porte point de ces appendices qui sont les organes caractéristiques des dendrites, *dont ils élargissent la surface et accusent les contours*.

Si nous examinons attentivement un rameau protoplasmique en faisant varier notre champ de vision, nous pouvons constater facilement que les appendices naissent sur des plans différents; d'où l'on peut conclure qu'ils ne sont pas distribués bilatéralement dans un même plan, mais qu'ils garnissent le rameau *dans tout son pourtour*.

Nous n'avons parlé jusqu'ici que des appendices piriformes garnissant les cellules pyramidades; mais nous avons trouvé ces mêmes appendices également en très grand nombre sur les dendrites des cellules polymorphes de l'écorce cérébrale; nous les avons vus aussi sur les cellules du corps strié où Kölliker et Cajal les ont déjà signalés; nous les avons trouvés aussi sur les grandes cellules étoilées du cervelet : enfin on

sait que les cellules de Purkinje ont une riche garniture d'*épines* qui, d'après nos observations, sont analogues aux appendices piriformes des dendrites cérébraux que nous venons de décrire, mais présentent cependant quelques différences morphologiques.

Dans nos recherches sur les appendices des dendrites corticaux, comme nous nous attachions à préciser leurs caractères, nous n'avons pas tardé à constater que dans des préparations obtenues par des procédés identiques, mais provenant d'animaux de différents âges, il y avait des différences notables tant que le cerveau était dans sa période de croissance, car l'apparition des appendices piriformes est tardive : chez la souris âgée d'un jour, les appendices piriformes nous ont paru manquer presque totalement, les prolongements protoplasmiques des cellules de l'écorce étaient lisses ; jamais pareil aspect ne se présente chez des animaux plus âgés. Chez la souris âgée de cinq jours, les appendices sont encore très rares, les dendrites sont lisses.

Chez la souris âgée de dix jours, les appendices piriformes apparaissent nombreux sur les dendrites ascendants, mais encore beaucoup moins nombreux cependant qu'ils ne le seront plus tard, à l'état adulte.

Enfin, chez les jeunes animaux, les appendices sont moins bien dessinés, leur partie ovoïde est petite, encore indistincte.

II. — Physiologie des appendices piriformes.

Après avoir établi la morphologie de ces appareils terminaux des neurones, nous nous sommes proposé de

rechercher comment se comportent ces *appendices* dans les cas où l'on soumet l'animal soit à une vive excitation, soit à l'anesthésie prolongée. Nous avons institué dans ce but une série d'expériences physiologiques dont voici le résumé.

Expérience I. *Electrisation directe du cerveau d'un cobaye par le courant continu.* — L'animal n'est pas endormi ; la trépanation est faite dans la région pariétale antérieure ; les deux électrodes de platine sont introduites directement dans l'écorce de l'hémisphère gauche, à une distance de cinq millimètres l'une de l'autre et à une profondeur de cinq millimètres. Le courant continu, faible ($^5/_{100}$ de volt), passe pendant quinze minutes. La région corticale électrisée est rapidement enlevée, ainsi que la région symétrique de l'hémisphère droit ; toutes deux sont immédiatement portées dans le mélange d'acide osmique et de bichromate de potasse.

A l'inspection microscopique de ce cerveau, nous avons trouvé que toutes les couches de l'écorce avaient été profondément modifiées ; leurs cellules constitutives ont pris l'état *moniliforme variqueux*, c'est-à-dire que les dendrites étaient composés d'une série de gros grains ovales ou ronds, réunis par un fin filament comme le sont les perles dans un chapelet. Mais ce qui est encore plus remarquable, *c'est que sur les dendrites variqueux, les appendices piriformes ont disparu totalement ou presque totalement.*

Il y avait des régions corticales où tous les dendrites de toutes les cellules étaient moniliformes. Cependant nous avons trouvé des dendrites à l'état normal, et

cela surtout dans les bouquets protoplasmiques; nous avons vu même des groupes de bouquets non altérés et garnis de nombreux appendices caractéristiques. Et à côté de ces régions intactes, nous voyions souvent de petites cellules pyramidales altérées jusque dans leurs plus fines ramifications.

En somme, dans cette expérience, les modifications constatées dans les éléments du cerveau étaient profondes et très étendues; dans la suite de nos recherches nous n'avons rencontré de lésions aussi étendues que chez les animaux soumis aux inhalations d'éther.

Expérience II. *Electrisation directe du cerveau d'une souris par le courant continu.* — Nous avons répété l'expérience précédente sur une souris âgée de quatre semaines. Avant l'introduction des électrodes dans le cerveau, la souris présente de l'hémorragie. Elle meurt avant le début de l'électrisation qui dure dix minutes; l'électrisation a donc été faite, dans ce cas, pendant le temps qui a suivi la mort.

A l'examen microscopique, nous n'avons pas trouvé une aussi grande transformation des prolongements des neurones que dans l'expérience précédente. De temps à autre nous avons rencontré un petit foyer dans lequel plusieurs prolongements protoplasmiques étaient couverts de varicosités; ces prolongements appartenaient à une seule ou à plusieurs cellules. Mais la plus grande partie de l'écorce avait conservé l'état normal et les dendrites étaient garnis d'innombrables appendices.

L'électricité appliquée immédiatement après la mort n'a évidemment pas beaucoup influencé l'écorce cérébrale.

Expérience III. *Electrocution par franklinisation.*— Ayant chargé une puissante machine de Wimshurst, nous avons mis une souris adulte dans un sac en mousseline et nous l'avons introduite entre les deux conducteurs rapprochés, de manière à ce que les décharges l'atteignissent directement. La mort n'est survenue qu'au bout de trente secondes.

A l'examen des coupes de l'écorce cérébrale, nous avons trouvé que la partie superficielle de l'écorce n'était point altérée.

Nous voyons dans cette expérience une certaine localisation de l'altération ; l'électrocution a porté ses effets surtout sur les couches profonde et moyenne de l'écorce, et encore ne les a-t-elles pas éprouvées uniformément ; mais elle a produit des foyers assez vastes dans lesquels les dendrites ont l'aspect moniliforme. En général, l'altération de l'écorce, dans cette expérience, est beaucoup moins intense que dans l'électrisation directe du cerveau.

Expérience IV. *Electrocution d'une souris irritée préalablement par un courant interrompu.* — Dans cette expérience, nous avons cherché à obtenir des convulsions musculaires afin de constater si oui ou non la fatigue laisse des traces perceptibles dans l'écorce. Dans ce but, nous avons commencé par électriser la souris au moyen d'un courant induit faible, réglé de manière à ne donner qu'une secousse dans tout le corps toutes les quatre secondes ; nous avons ainsi excité la souris pendant quinze minutes ; ensuite nous l'avons laissée marcher et nous avons constaté qu'elle avait gardé son allure habituelle ; il n'y avait donc

point de paralysie par suite de fatigue. Immédiatement nous avons tué la souris par une violente secousse d'induction.

La partie fronto-pariétale des deux hémisphères aussitôt enlevée, fut immédiatement placée dans le liquide fixateur.

L'altération que l'écorce a subie avait, dans ses traits généraux, le même caractère que dans l'expérience faite sur la souris tuée par franklinisation, c'est-à-dire que l'altération a affecté surtout la couche moyenne et la couche profonde de l'écorce, mais son effet était ici beaucoup plus étendu. Les foyers à état moniliforme étaient plus vastes et par conséquent le nombre des appendices piriformes disparus était plus considérable.

Il est intéressant de noter que dans cette expérience *l'altération a surtout été visible dans les cellules pyramidales géantes :* leurs dendrites collatéraux et basilaires sont recouverts de grains ; très fréquemment même la tige principale ascendante est couverte de perles jusqu'au panache protoplasmique. Dans la série des préparations, *nous avons aussi trouvé de nombreuses tiges appartenant aux grandes cellules pyramidales et dépourvues d'appendices piriformes sans présenter la moindre trace d'état perlé ; les tiges ainsi dégarnies avaient des contours très réguliers, leur surface était lisse ; tout se passe donc comme si les appendices piriformes pouvaient disparaître sans que le dendrite présente d'état granuleux.* Intéressée par cet aspect nouveau pour nous chez la souris adulte, nous avons examiné avec soin les dendrites des cellules pyramidales dans les autres couches corticales sans y trouver les mêmes aspects.

Dans la corne d'Ammon, les grandes cellules pyramidales étaient encore plus éprouvées que dans l'écorce proprement dite ; ici les prolongements présentaient un aspect variqueux très accentué et *n'avaient conservé aucune trace d'appendices*.

Expérience V. *Souris tuée lentement par inhalation de vapeurs d'éther sulfurique.* — L'animal est placé sous une cloche de verre assez spacieuse, à côté d'une capsule contenant quelques grammes d'éther. Au début de l'expérience, aucune agitation ne se manifeste ; à la quatrième minute, la respiration se ralentit ; à la cinquième minute, l'ivresse détermine une légère titubation ; bientôt l'animal devient immobile et depuis la sixième minute jusqu'à la mort, le sommeil est ininterrompu ; la cessation complète de la respiration ne survient qu'au bout de vingt-trois minutes.

Les régions fronto-pariétales du cerveau sont immédiatement placées dans le liquide fixateur.

L'examen microscopique donne ici des résultats bien différents de ceux qui ont été observés dans toutes les expériences précédentes : l'écorce cérébrale a totalement changé d'aspect dans certaines régions et les modifications s'étendent à toutes les couches corticales ; les prolongements protoplasmiques et même, cette fois, les prolongements cylindraxiles sont chargés de granulations qui ont ici un caractère particulier : les grains sont réguliers, ils ont l'aspect de petites sphères à surface lisse ; ils sont en outre plus fins et plus rapprochés les uns des autres que tous ceux que nous avons antérieurement étudiés. *Pareille altération est accompagnée de la disparition des appendices piriformes ;*

cette disparition s'observe ici d'une manière beaucoup plus évidente et plus généralisée que dans toutes les autres expériences.

Bon nombre de cellules pyramidales et de cellules polymorphes présentent des dendrites fortement amincis à surface lisse et dépourvue de granulations ; leur aspect étant tout aussi net et régulier que celui d'un cylindre-axe, on pourrait facilement les confondre avec lui. L'ensemble des préparations emprunte aux particularités que nous venons de décrire un aspect caractéristique.

La mort par l'éther produit aussi une modification remarquable dans le corps des cellules. Un grand nombre de corps cellulaires ont perdu leur forme habituellement irrégulière, les angles ont disparu, les cellules pyramidales sont devenues coniques ou même sphériques, elles apparaissent comme de petites boules, par places, dans les préparations ; c'est surtout le cas pour les cellules pyramidales moyennes et petites.

Nous avons représenté ces effets de l'éther dans la figure 5.

Hâtons-nous d'ajouter cependant que nous avons trouvé de nombreuses régions dans l'écorce sur lesquelles l'éther n'avait produit aucun effet visible ; les cellules y étaient complètement intactes ; l'existence de ces régions donnerait à penser que les cellules corticales possèdent une sensibilité élective.

EXPÉRIENCE VI. *Souris asphyxiée par le gaz d'éclairage.* — Aussitôt introduite sous la cloche où le gaz s'accumule, la souris est prise de faibles convulsions et meurt au bout de deux minutes environ.

L'altération granuleuse était minime dans l'écorce. Le nombre des dendrites en chapelet était si restreint que l'état des cellules corticales se rapprochait beaucoup de l'état normal.

Expérience VII. *Observations faites sur les animaux normaux sacrifiés par décapitation.* — Avant le moment de leur mort, les animaux étaient isolés dans des conditions de parfaite tranquillité et ils ne subissaient aucune manipulation préalable ; on cherchait même à ne pas les effaroucher jusqu'au moment de la décapitation ; on ouvrait rapidement le crâne et les fragments de l'écorce étaient placés dans le liquide de Golgi.

C'est grâce aux préparations obtenues dans ces conditions que nous avons pu étudier la morphologie des appendices piriformes et c'est par la comparaison des coupes provenant d'animaux tués de cette façon avec celles qui provenaient d'animaux ayant succombé à un autre genre de mort que nous avons pu nous rendre compte des variations que ces appendices présentent dans leur nombre et dans leur aspect.

Dans les cerveaux provenant d'animaux décapités après une longue période de tranquillité, les appendices piriformes et les prolongements dendritiques eux-mêmes, se présentent avec une grande netteté sans perles ni varicosités, comme on peut le voir sur les figures 1, 2, 3, 4. Il n'en est pas de même dans les préparations provenant d'animaux ayant succombé aux autres causes de mort que nous avons décrites plus haut ; même sans recourir à de forts grossissements et en s'attachant plutôt à une vue d'ensemble de l'écorce, on constate des différences perceptibles dans un certain nombre de régions (voir fig. 5).

C'est dans le cas de décapitation brusque que les cellules nerveuses se rapprochent le plus, croyons-nous de ce qu'elles sont à l'état normal, et il nous paraît certain que le genre de mort et l'état de l'animal pendant la période qui précède la mort, importent beaucoup à l'état ultérieur constaté dans les appareils cérébraux : la constance des résultats que nous avons obtenus, nous empêche d'admettre que les différences observées par nous dans l'aspect, et nous oserions presque dire dans la « physionomie » des préparations, soient imputables à la méthode de Golgi : des cerveaux provenant d'animaux normaux et autres ont été plongés pendant le même temps dans le même liquide et toutes les manipulations se sont faites dans des conditions rigoureusement identiques ; les différences étaient trop constantes pour ne pas être dues à l'état des appareils cérébraux eux-mêmes.

En résumé, chez l'animal normal et adulte, l'écorce cérébrale présente deux caractères constants :

1° Presque tous les dendrites ont un parcours uniforme et régulier, c'est-à-dire les prolongements cellulaires sont dépourvus de perles ou varicosités.

2° Les dendrites à l'aspect régulier sont toujours richement garnis d'*appendices piriformes*. (Voir fig. 1, 2, 3 et 4).

Cependant même dans les cerveaux normaux *on trouve parfois des dendrites isolés* qui sont chargés de grosses varicosités ; sur de tels dendrites les appendices piriformes manquent totalement ou bien il n'en reste que des traces. Nous avons représenté ces dendrites *exceptionnels dans un cerveau normal* sur les fig. 6, 7 et 8.

Tout autre est l'aspect de l'écorce cérébrale des animaux qui avant la mort ont subi des manipulations pouvant troubler profondément leur état de santé (éthérisation violente, électrisation de la masse cérébrale, état de fatigue par le courant électrique). Dans ces derniers cas, le tissu nerveux apparaît altéré dans certaines régions, car l'aspect des ramifications cellulaires y est modifié. *On constate la diminution ou même la disparition complète des appendices piriformes* et l'état moniforme plus ou moins considérable dans les régions altérées de l'écorce. (Voir fig. 5.)

J'insiste cependant sur ce fait que *la formation des perles n'est pas déterminée par la disparition des appendices piriformes*; ces deux phénomènes ne sont pas liés entre eux de cause à effet; nous avons vu dans les expériences IV et V que les dendrites peuvent perdre leurs appendices piriformes sans présenter la moindre trace d'état perlé. La disparition des appendices piriformes dans les conditions anormales que nous avons étudiées nous fait admettre que ces appareils terminaux sont mobiles, sans que nous puissions préciser le mécanisme qui détermine cette mobilité.

Enfin nous désirons attirer l'attention sur ce fait que *ni les plus fortes excitations, ni l'anesthésie complète n'altèrent jamais la totalité du territoire cortical*; à côté des régions cellulaires dont les prolongements sont profondément altérés, on trouve *toujours* des territoires plus ou moins considérables, dont les cellules nerveuses gardent l'apparence normale. Ce résultat nous paraît ne pouvoir s'expliquer qu'en admettant une division du travail ou une sensibilité élective dans les différents territoires corticaux.

Notes et mémoires de l'auteur se rapportant aux mêmes sujets :

1. Sur les appendices des dendrites *(Bull. Soc. d. Sciences de Bruxelles*, 5 avril 1897).

2. Les appendices terminaux des dendrites cérébrales, etc. *(Annales de la Soc. d. Sciences de Bruxelles*, 1897, et *Trav. de l'Institut Solvay*, vol. I).

3. Sur le mode d'articulation entre les neurones cérébraux *(Soc. de Biologie*, 1897).

4. Développement des cellules nerveuses corticales *(Bull. Soc. d. Sciences de Bruxelles*, 1898).

5. Evolution des cellules corticales chez la souris *(Annales de la Soc. d. Sciences méd. et naturelles de Bruxelles*, 1898, et *Trav. Inst. Solvay*, II).

6. Sur les terminaisons des cellules nerveuses *(Congrès de Boulogne de l'Ass. franç. p. l'avanc. d. Sciences*, 19 septembre 1899).

7. Action de l'éther sur les cellules cérébrales *(Journ. de Neurologie, Bruxelles*, 20 mars 1900).

8. Etude histologique du cerveau dans le sommeil provoqué par la fatigue *(Journ. de Neurologie*, 20 mai 1900. Bruxelles).

9. Localisation des altérations cérébrales produites par l'éther *(Annal. de la Soc. d. Scien. med. et nat. de Bruxelles*, 1900, et *Travaux de l'Institut Solvay*, vol. III).

10. Sur le mode de formation des varicosités dans les prolongements des cellules nerveuses *(Ann. de la Soc. des Sciences méd. et nat. de Bruxelles*, 1900 et *Trav. Institut Solvay*, III).

11. Sur les appendices piriformes des cellules nerveuses *(Com. au Congrès intern. de Psychologie de Paris*, août 1900).

12. Dans quelles conditions se forment les varicosités sur les dendrites cérébraux? *(Com. au Congrès intern. de Psychologie. Paris*, août 1900).

13. Résistance réactionnelle variable dans les différents territoires du cerveau *(Journ. de Neurologie*, n° 1, 1901).

14. Diversité de résistance des différents territoires cérébraux vis-à-vis du traumatisme et de l'intoxication *(Travaux de l'Institut Solvay*, t IV, 1901).

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

FRANZ FEIST. STROPHANTINE ET STROPHANTIDINE (*Ber. Dtsch. chem. Ges.* 33, 2069-90, 23/7 [9/6], Zürich).

L'auteur donne le nom de strophantine au glucoside retiré de semences du strophantus Kombé et celui de strophantidine à son produit de dédoublement hydrolytique. Il réserve au glucoside isomérique isolé par Arnaud et plus tard par Kohne et Kulisch l'appellation de pseudo ψ strophantine. A l'état anhydre, la strophantine possède la composition $C_{40}H_{66}O_{19}$. Sous l'influence de l'hydrolyse, elle se convertit à 70-75° en strophantidine $C_{27}H_{38}O_7$ et en un glucoside $C_{13}H_{24}O_{10}$.

$$C_{40}H_{66}O_{19} = (C_{27}H_{38}O_7 + 2H_2O) + C_{13}H_{24}O_{10}$$

FRANZ FEIST. SUR LE SUCRE ISSU DU DÉDOUBLEMENT DE LA STROPHANTINE (*Ber. Dtsch. chem. Ges.* 33, 2091-97, 23 7, [9/6], Zurich).

Le sucre formé dans l'hydrolyse de la strophantine fournit par distillation avec H_2SO_4 du méthylfurfurol et de l'acide lévulinique. Oxydé à l'aide de HNO_3, il ne donne ni acide saccharique, ni acide mucique, mais seulement de l'acide oxalique. Il se scinde par décomposition hydrolytique d'après l'équation :

$$C_{13}H_{24}O_{10} + 2H_2O = CH_3OH + C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_5,$$

c'est-à-dire qu'il donne naissance à de l'alcool méthylique.

à une hexose (probablement d-mannose) et à une méthylpentose (rhamnose). Il faudrait donc l'envisager comme l'éther méthylique d'une biose non isolée $C_{12}H_{22}O_{10}$, la strophantobiose, constituée par une hexose et un reste de méthylpentose.

A. KLETT. RECHERCHE DE L'ACIDE SALICYLIQUE EN PRÉSENCE DE L'ACIDE CITRIQUE (*Pharm. Centr. H.* 41, 452 2/8. Bâle).

La réaction de Jorissen pour déceler l'acide salicylique dans la bière peut être également employée pour reconnaître la présence de cet acide dans le jus de citron. A cet effet, 10 cc. de la liqueur à examiner sont additionnés de 4 gouttes d'une solution de nitrite de soude à 10 %, de 4 gouttes d'acide acétique et d'une goutte de sulfate cuivrique aqueux à 10 %. Porté à l'ébullition, le mélange se colore en rouge sang en présence d'acide salicylique.

WL. BUTKEWITSCH. SUR LA PRÉSENCE D'ENZYMES PROTEOLYTIQUES DANS LES GRAINES GERMÉES ET SUR LEUR ACTIVITÉ (*Ber. Dtsch. botan. Ges. 18.* 185-89 [12/5]. Zurich).

La présence d'enzymes protéolytiques dans certaines graines germées, particulièrement dans le lupin, constatée par Green (*Proc. Royal Soc. London* 178. 39) et mise en doute par Neumeister (*Z. Biolog.* 30. 447 ; C. 94, I. 828) a été de nouveau confirmée par l'auteur. Ce dernier a dirigé surtout ses recherches sur les semences germées ou non de lupinus angustifol, lupinus luteus, ricinus comm., vicia faba, et il a reconnu que, sous l'influence de l'enzyme, la décomposition des matières albuminoïdes diminue peu à peu pour cesser enfin complètement. Il attribue ce phénomène soit à l'influence du produit de réaction, soit à l'action destructive exercée sur l'enzyme par les quantités d'eau plutôt considérables employées dans les essais effectués.

Eug. Bamberger, Otto Schmidt et Herbert Levinstein. Action du diazobenzène sur le nitrométhane (*Ber. Dtsch. Chem. Ges.* 33. 2043-61 23/7 [7/7]. Zurich).

En faisant réagir le diazobenzène avec le nitrométhane à la température ordinaire, l'auteur a obtenu une série de dérivés parmi lesquels le phénylazoformazyle

$$C_6H_5 - N_2 - C(N_2 - C_6H_5) = N_2H - C_6H_5$$

ou le phénylformazyle

$$C_6H_5 - C(N_2 - C_6H_5) = N_2H - C_6H_5,$$

puis le nitroformazyle

$$NO_2 - C(N_2C_6H_5) = N_2H - C_6H_5,$$

la phénylnitroformaldéhydrazone

$$C_6H_5 - C(NO_2) = N_2H - C_6H_5,$$

la nitroformaldéhydrazone

$$NO_2 - CH = N_2H - C_6H_5.$$

le phénylnitrométhane

$$C_6H_5 - CH_2 - NO_2,$$

la benzaldéhyde, etc.

En opérant à très basse température, il s'est formé surtout l'isophénylnitrométhane

$$C_6H_5 - CH = NO - OH$$

l'isodiphénylnitrométhane

$$(C_6H_5)_2 = NO - OH,$$

ainsi que leurs produits de décomposition, la benzaldéhyde, l'acide benzoïque, la benzophenonoxime et la benzophénone.

Franz Feist. Notice sur les hydrazones et les osazones dérivées de la p-nitrophénylhydrazine (*Ber. Dtsch. chem. Ges.* 33. 2098-99 23/7 [9/6] Zurich).

Furfurol-p-nitrophénylhydrazone $C_{11}H_9O_3N_3$. Cristaux rouges F. 127° — α-Méthylfurfurol-p-nitrophénylhydrazone

$C_{12}H_{11}O_5N_3$. Poudre rouge rubis F. 130° — Lévuline-p-nitrophénylhydrazone $C_{11}H_{13}O_4N_3$. Aiguilles brillantes jaune clair. F. 174-175°. — P.-Nitrophénylrhamnosazone $C_{18}H_{20}O_7N_6$. Aiguilles rouge brun foncé F. 208°.

FRANZ-FEIST. ORIGINE ET CARACTÈRES COMPARÉS DES GLUCOSIDES DE STROPHANTUS (*Ber. Dtsch. chem. Ges.* 33. 2063-69 23/7 [9/6] Zurich).

Les graines servant à la préparation des teintures médicinales de strophantus ne proviennent pas toujours exclusivement du Strophantus Kombé Ol. et du Strophantus hispidus, mais elles contiennent souvent des semences appartenant à d'autres espèces parmi lesquelles quelques-unes se trouvent exemptes de glucosides. D'autre part, il existe dans les graines de strophantus deux glucosides qui diffèrent au point de vue chimique et toxique. L'auteur estime donc que ces deux principes doivent être à l'avenir rigoureusement individualisés soit dans le commerce, soit dans la pharmacopée.

E. BAMBERGER. MÉCANISME DE LA TRANSPOSITION DES ARYLHYDROXYLAMINES EN AMINOPHÉNOLS (*Verh. d. Vers. Deutsch. Ntf. u. Aerzte* 1899, 100-1, [19/9, 1899. Munich] Zurich).

La transposition s'effectue de la manière suivante :

NHOH → (N<) →

H OH, NH → OH, NH_2 → H OH, O

iminoquinol quinol

L'iminoquinol se transforme aisément en quinol, de sorte que, par transposition de ce dernier, on obtient souvent, en partant des arylhydroxylamines, des hydroquinones à la place ou à côté des aminophénols. En traitant certaines hydroxylamines par les isohydroquinones, l'auteur a obtenu des combinaisons bien cristallisées représentées par les formules I et III, et se convertissant sous l'influence des alcalis aqueux en hydroquinones correspondant à la formule II ci-dessous :

CH_3 OH — CH_3 — O (I) → OH — CH_3 — CH_3 — OH (II) ; CH_3 OH — CH^3 — CH_3 — O (III)

I — II — III

A. Tschirch et H. Kritzler. Recherches microscopiques sur les grains d'aleurone (*Ber. Dtsch. pharm. Ges.* 10, 214-22, 31/7 [4/6], Berne).

Les auteurs ont étudié les semences de linum usitatissimum, ricinus comm., cannabis sativa, amygdalus comm., bertholletia excelsa, fœniculum capillaceum, myristica surinamensis.

Les cristalloïdes des grains d'aleurone représentent un mélange d'au moins deux globulines. Ils sont insolubles dans les solutions concentrées de $(NH_4)_2SO_4$, NaCl, KH_2PO_4, $MgSO_4$. La substance fondamentale contient peut-être de petites quantités d'albumoses à côté des globulines. Elle est insoluble dans les solutions concentrées de $(NH_4)_2SO_4$, insoluble ou peu soluble dans celles de $MgSO_4$. Les globoïdes renferment de la substance protéïque (globuline), ainsi que Ca, Mg et P_2O_5 associés à un corps organique. Ils se dissolvent dans les solutions concentrées précédentes, sauf dans celles de $MgSO_4$.

Les grains d'aleurone sont exempts d'huile.

COMPTE RENDU DES SÉANCES
DE LA SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE
DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 18 mai 1900.

H. Schardt. Sur quelques gisements de Gault dans le canton de Neuchâtel. — H. Moulin. Les dernières explorations géologiques dans la région du Gohr et de la mer Morte.

M. Schardt communique en son nom et en celui de M. Aug. Dubois diverses observations concernant la *présence du Gault (Albien) aux environs de Neuchâtel.* Il s'agit d'abord de plusieurs gisements situés dans les gorges de l'Areuse, entre les Molliats et la Combe-aux-Épines. M. Dubois a trouvé un affleurement d'argile rouge (Albien supérieur s. str) dans la forêt d'Auvernier, en amont du Champ-du-Moulin, où ce terrain est presque en contact avec l'Argovien par suite d'un pli-faille. Puis, aux Lauvouennes, M. Dubois a reconnu une étroite bande des mêmes marnes entre l'Urgonien et les marnes tertiaires; enfin, à la Combe-aux-Épines, un repli de l'Urgonien contient du Gault argileux et sableux (grès vert), avec nombreux fossiles (plus de 70 espèces). Ce dernier gisement, déjà reconnu par Gressly, lors de la construction du chemin de fer Neuchâtel-Pontarlier, a été nouvellement mis à découvert par un éboulement qui a renversé le mur de soutènement. Aujourd'hui, ce gisement est de nouveau masqué par un mur d'appui.

Une localité, où le Gault existe en grande épaisseur, a été reconnue en décembre 1899 par M. Schardt au-dessus de Rochefort, à un endroit nommé le Baliset, où l'on s'attendrait plutôt à trouver du Portlandien. Ces couches, formées d'argile rouge et bleue, reposant sur du grès vert à fossiles phosphatés noirs, s'appliquent contre l'Urgonien

supérieur en position presque verticale. Une forte épaisseur de marne gris-verdâtre, très semblable au calcaire crayeux cénomanien, les recouvre. Ici encore, M. Dubois a fait une riche récolte de fossiles. Malheureusement les galeries de recherche d'eau qui ont mis à découvert ce terrain ont été bientôt comblées.

Un gisement plus intéressant encore a été constaté au commencement de 1900 sur le tracé du chemin de fer direct Neuchâtel-Berne, entre Monrz et Champreveyres, juste au-dessous du hameau de la Coudre. Le Gault, sable vert à fossiles phosphatés blancs, recouvert d'une faible épaisseur d'argile rouge et de moraine essentiellement jurassienne, repose sur l'Urgonien supérieur, sans l'interposition de l'Aptien et du Rhodanien. C'est le plus oriental des gisements du Crétacique moyen connu et le seul qui a pu être constaté jusqu'ici sur le flanc SE. de la première chaîne du Jura. Il fera l'objet d'une communication ultérieure.

M. H. Moulin, pasteur, expose les résultats des *dernières explorations géologiques dans le bassin du Gohr et de la Mer Morte*. La carte et les profils par le moyen desquels il illustre sa communication sont tirés d'une monographie du Dr Blankenhorn.

Séance du 1er juin.

F. Conne et Dr Bauer. Étude chimique et bactériologique des eaux d'alimentation de la ville de Neuchâtel.

MM. F. Conne, chimiste cantonal, et le Dr Bauer font part des résultats qu'ils ont obtenus en étudiant au double point de vue chimique et bactériologique les *eaux d'alimentation de la ville de Neuchâtel*.

Jusqu'en 1886, l'eau d'alimentation de Neuchâtel était fournie par le Seyon, cours d'eau traversant tout le Val-de-Ruz avant de se déverser dans le lac. Il en résultait de fréquentes épidémies de fièvre typhoïde.

Dès que l'origine du typhus fut indiscutablement établie,

les autorités communales captèrent une série de sources échelonnées dans les gorges de l'Areuse, entre le Saut-de-Brot et le Champ-du-Moulin, et amenèrent l'eau en ville au moyen d'un aqueduc; plus tard, elles y joignirent quatre sources importantes, situées en aval, entre la Verrière et Combe-Garot.

La pureté de ces eaux avait été contrôlée à plusieurs reprises par des analyses chimiques répétées. Depuis mars 1899, ce contrôle est complété, à la demande du service des eaux, par la numération hebdomadaire du nombre de microorganismes contenus dans 1 cc. d'eau, à son arrivée au robinet du laboratoire cantonal.

La série des observations recueillies, traduite par un graphique, démontre aux auteurs l'existence de variations plus ou moins périodiques, parfois considérables, qui coïncident assez exactement avec les chutes de pluie abondantes ou avec la fonte rapide des neiges. Les auteurs du travail en concluent que le régime des sources est sensiblement influencé par des apports d'eau superficielle dans les périodes pluvieuses, mais qu'il n'y a pas lieu de s'en inquiéter tant que la surface d'alimentation des sources restera inhabitée, comme c'est le cas actuellement.

Ces résultats ont engagé M. le Dr Bauer à procéder à la détermination des différentes espèces de microorganismes contenus dans cette eau. Il y a trouvé 17 espèces (3 coques et 14 bacilles), dont 13 ont été déterminées jusqu'à présent. Ce sont celles qui se rencontrent habituellement dans les eaux potables; d'ailleurs, une recherche des bacilles typhique et coli commune, exécutée dans un autre but quelque temps auparavant, avait donné un résultat négatif.

Séance du 15 juin.

O. Billeter. Sur l'isomérie des thiurées acétylées. — Ed. Cornaz. Quelques monstruosités végétales.

M. O. Billeter. *Sur l'isomérie des thiurées acétylées.* M. A. Hugershoff[1] a décrit deux phénylthiurées acétylées

[1] *Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, XXXII, 3649.

isomères. L'une, instable, prend naissance par l'action de l'anhydride acétique sur la phénylthiurée. Elle fond à 139°, pour se transformer aussitôt, en se solidifiant, en la deuxième, stable, fondant à 170°. M. Hugershoff exprime cette isomérie par les formules suivantes :

$$\text{I} \qquad S : C \begin{matrix} \nearrow NH.C_6H_5 \\ \searrow NH.C_2H_3O \end{matrix} \qquad\qquad \text{II} \qquad C_6H_5N : C \begin{matrix} \nearrow SH \\ \searrow NH.C_2H_3O \end{matrix}$$

Ce serait là le premier cas d'une isomérie de ce genre, des formules semblables ayant été considérées tout au plus jusqu'ici comme représentant des modifications tautomériques d'un même corps.

L'auteur n'admet pas l'interprétation de M. Hugershoff, mais il exprime la constitution du corps instable par la formule suivante :

$$HN : C \begin{matrix} \nearrow S.C_2H_3O \\ \searrow NH.C_6H_5 \end{matrix} \quad \left[\text{ou } C_6H_5\ N : C \begin{matrix} \nearrow S.C_2H_3O \\ \searrow NH_2 \end{matrix} \right]$$

Ce même corps prend, en effet, naissance par l'union directe de l'acide thioacétique et de la phénylcarbimide, conformément à l'équation que voici :

$$HN:C:N.\ C_6H_5 + H.S\ C_2H_3O \longrightarrow HN : C \begin{matrix} \nearrow SC_2H_3O \\ \searrow NH.C_6H_5 \end{matrix}$$

La transformation en son isomère est analogue à celle des pseudo-dithiobiurets pentasubstitués en leurs isomères de constitution symétrique. (Voir *Archives des sciences phys. et nat.*, (1893) XXX, 364; (1899) VIII, 393.)

M. le Dr Ed. Cornaz présente quelques *spécimens de tératologie végétale* (monstruosités) :

1° Une feuille de lierre de son jardin (probablement *Hedera poëtarum* Bert), sur laquelle, au lieu d'une nervure

médiane, il y en a deux, se terminant chacune dans une bosselure du bord de la feuille, laquelle présente entre les deux une surface concave se rapprochant du tulipier (*Lyriodendron tulipifera* L.). Il met en même temps sous les yeux de la Société de nombreuses formes de feuilles du même lierre.

2° Des exemplaires reçus de France du *Scolopendrium vulgare* Symons, chez deux desquels la fronde est simplement bifide au sommet, fait mentionné par Grenier et Godron, tandis que celle d'un troisième, d'une autre provenance, est dilatée et bifide au sommet, ce que Koch a désigné comme forme *dædalea*, qu'il indique comme cultivée, ce qui n'est pas le cas ici.

3° Une fronde de l'*Aspidium Halleri* DC., simple dans son tiers inférieur seulement, puis se dirigeant en Y, de manière à présenter deux frondes égales. Cet exemplaire a été trouvé au-dessous d'Aigle. A propos de ces diverses fougères, il montre les planches de deux travaux antérieurs de M. le Dr Adrien Guébhard, qui attribuait la généralité des bifurcations dans ce groupe de plantes et même parfois d'autres végétaux, à des piqûres d'insectes, ce qui n'est évidemment pas le cas dans les divers spécimens qu'il vient de montrer. En revanche, tel pourrait bien être le cas d'une fronde de *Ceterach officinarum* Wild, qu'il a trouvée dans notre canton et qui rappelle singulièrement un des dessins de M. Guébhard.

4° Des feuilles de *Rhus toxicodendron* L., cultivé à la gare de Concise, offrant des anomalies nombreuses et variées : folioles bifides, folioles surnuméraires et même folioles alternes.

M. P. Godet, prof., verrait plutôt une soudure de deux feuilles qu'une simple bifurcation dès la base dans la feuille de lierre présentée par M. Cornaz, qui croit plutôt à cette dernière hypothèse pour expliquer cette anomalie.

Séance publique du 21 juin, à St-Blaise.

F. Tripet. La flore des environs de St-Blaise. — F. Béguin. La structure géologique du chaînon de Châtollion. — H. Schardt. Un gisement anormal de marne hauterivienne. Sur un décrochement ou faille à rejet horizontal aux environs de Neuchâtel. — Ed. Cornaz. Traitement d'un aliéné à St-Blaise au XVII[e] siècle. — G. Ritter. L'hydrologie neuchâteloise. — Eug. Bourquin et L. Rollier. Les gisements anormaux des tranchées de la gare de la Chaux-de-Fonds.

M. F. Tripet, prof., donne un aperçu de la *flore de St-Blaise et des environs* et fait l'énumération des espèces intéressantes qui croissent dans la région comprise entre le lac de Neuchâtel, la Thielle et la chaîne de Chaumont. Il cite, entre autres, les suivantes :

Viola mirabilis L., à Fontaine-André.

Geranium lucidum L., à l'entrée du village de Hauterive.

Ophioglossum vulgatum L., au fond de la marnière de Hauterive.

Erysimum strictum Fl. der Wetterau, indiqué autrefois au Creux-du-Van et introduit par Ch.-H[ri] Godet dans l'ancien jardin botanique de Neuchâtel, d'où il s'est répandu sur les bords du lac jusqu'à St-Blaise.

Au nord de ce village, le rare *Rosa Sabini* Woods, l'Orchis bouc (*Loroglossum hircinum* Rich.), très abondant, l'*Ophrys apifera* Huds., et plus loin, sur la colline de Châtollion, le *Lilium croceum* Chaix, qu'on retrouve encore près du hameau de Frochaux, seules localités connues dans le Jura.

Au pied de Chaumont, entre Voëns et le Maley, le *Lathyrus latifolius* L.

Sur le plateau de Wavre, le *Trifolium ochroleucum* L.

Au petit lac de St-Blaise, une élégante fougère, *Aspidium Thelypteris* Sw., assez souvent fructifère, et *Lysimachia thyrsiflora* L., station unique pour le Jura.

Sur les bords du lac, au-dessus d'Épagnier, le *Glaucium flavum* Crantz, qui avait disparu de cette localité il y a quarante ans environ, mais qu'on y retrouve depuis les dernières fouilles pratiquées à la station lacustre de la Tène.

Enfin, sur la grève du lac, entre Marin et Préfargier, l'*Alisma ranunculoides* L., puis trois plantes dont la présence n'a été signalée dans cet endroit que depuis la correction des eaux du Jura et qui ont probablement été apportées par les eaux de l'Aar, qui refluent parfois dans le lac de Neuchâtel, grâce à la fameuse écluse de Nidau : *Hippophaë rhamnoides* L., *Myricaria germanica* Desv. et *Inula Vaillantii* Vill.

Les collines sont couvertes de brillantes orchidées, parmi lesquelles les *Ophrys apifera* Huds. et *Arachnites* Reich., dont les fines graines sont transportées par le joran sur la grève du lac, où ces plantes sont fort abondantes.

M. Félix Béguin décrit la *structure géologique du chaînon de Châtollion*. C'est un repli qui naît au N. de St-Blaise, sous forme d'un anticlinal du Néocomien, qui laisse bientôt percer le Portlandien. Il s'élève dès le bord du lac, parallèlement à Chaumont, jusqu'au plateau de Lignières, où il dessine une conversion subite vers le SE., qui le ramène sur l'alignement de la chaîne du lac. Celle-ci est donc bien le prolongement du chaînon de Châtollion, et la vaste cuvette de Lignières n'est qu'un élargissement du synclinal Voëns-Enges, qui sépare la crête de Châtollion du flanc de Chaumont. Le Spitzberg qui se place dans la partie N. du plateau de Lignières sur l'alignement du pli de Châtollion n'en est donc pas la continuation, ainsi qu'on pourrait le croire.

Un autre fait remarquable est la structure asymétrique de cet anticlinal. Sur le flanc NW., les couches plongent presque verticalement, tandis qu'au SE., leur plongement est beaucoup plus faible. Ce déjettement est accompagné sur une certaine partie du flanc SW. par un *pli-faille* qui met en contact l'Urgonien avec le Valangien, et sur un autre point le Valangien inférieur avec le Portlandien moyen. Cela est en particulier le cas près de la Goletta sur St-Blaise, où le contact est directement visible. C'est un plan de glissement plongeant au SE. de 40° environ.

M. SCHARDT parle d'un *gisement anormal de marne hauterivienne*, logée dans une excavation du Valangien inférieur, située au NW. de la combe des Fahys sur Neuchâtel. C'est derrière le restaurant du Jura neuchâtelois que l'exploitation d'une carrière, ouverte dans le marbre bâtard du Valangien inférieur, a mis à découvert successivement de la marne hauterivienne grise, avec nombreux fossiles, du calcaire limoniteux du Valangien supérieur, puis un blocage de débris de calcaire jaune du Hauterivien supérieur, de calcaire roux et limoniteux du Valangien supérieur et de marbre bâtard, le tout lité dans de la marne triturée, probablement hauterivienne et enfermée dans une niche large de 20 à 25 m. creusée en forme de couloir dans les bancs du Valangien inférieur. Le mot couloir s'applique parfaitement à cet enfoncement, car il est dirigé dans le sens de la pente et se continue en amont de la carrière, où la construction d'une route le traverse dans toute sa largeur.

Les blocs sont visiblement émoussés à leurs angles et portent sur toute leur surface des traces d'usure par glissement. Ils ressemblent souvent à des galets striés par l'action glaciaire ; cependant il est manifeste que ce sont là des stries de glissement, comme les portent les surfaces de glissement tectonique.

Les parois du Valangien encaissant, de même que toute la surface de ce remplissage, admirablement mis à découvert par l'exploitation de la carrière, portent de superbes miroirs dont les stries sont dirigées dans le sens de la pente. L'arrivée de cette masse dans son gisement actuel est fort ancienne. L'action des eaux souterraines y a laissé de nombreuses traces sous forme d'argiles jaunes, rouges et bleues (argiles sidérolitiques). Elle est certainement pré-glaciaire, vu qu'un lambeau de moraine, riche en galets alpins, la recouvre et qu'aucun débris morainique ne se trouve dans le remplissage même.

L'affleurement, imparfaitement visible au début, a été reconnu en 1899 comme gisement anormal de Hauterivien par M. Félix Béguin, alors étudiant à la Faculté des Sciences de Neuchâtel.

Nul doute que c'est par glissement à la surface des bancs du Valangien inférieur que cet amoncellement de blocs et les lambeaux de marne hauterivienne et de calcaire roux et limoniteux du Valangien supérieur sont arrivés dans cette singulière situation. Ce gisement est donc tout à fait analogue aux poches de marne hauterivienne, également accompagnées de blocages valangiens, observés et décrits par MM. Baumberger et Schardt entre Gléresse et Bienne, sur les bords du lac de Bienne. Aujourd'hui, le Valangien supérieur et la marne hauterivienne, et à plus forte raison le Hauterivien supérieur, n'existent nulle part en gisement normal en amont de la combe des Fahys, sur le flanc de Chaumont.

M. Schardt signale également l'existence d'un intéressant *décrochement* ou *faille à rejet horizontal*, existant près de Neuchâtel, sur le parcours du ravin de Monruz, entre Fontaine-André et le lac de Neuchâtel. Le rejet de ce décrochement est d'environ 300 m. Il a pour résultat qu'à Monruz le calcaire hauterivien supérieur se trouve en regard de l'Urgonien supérieur et probablement aussi de la mollasse. A la hauteur de la Favarge, c'est le Valangien inférieur qui vient se placer bout à bout avec le Hauterivien supérieur, tandis qu'un petit ravin au NE. de Fontaine-André suit le contact entre le Portlandien supérieur et le Valangien inférieur, si bien que la combe purbeckien ne semble se prolonger dans la combe hauterivienne. C'est bien un décrochement, et non une faille verticale, ainsi que plusieurs constatations concernant le rejet vertical apparent permettent de l'affirmer.

M. le D^r Ed. Cornaz parle du *traitement d'un aliéné à St-Blaise au XVIIe siècle*. Il décrit le traitement, malheureusement infructueux, d'un bourgeois de Neuchâtel, atteint de « maladie phrénétique », par un chirurgien de St-Blaise du nom de Pétremand Lahire, auquel le Conseil de Ville l'avait confié, en 1638. Il termine sa communication en comparant le sort des aliénés à cette époque avec celui qui leur est réservé actuellement, et rappelle à cette occa-

sion la généreuse création de Préfargier par feu Auguste de Meuron.

M. G. Ritter, ingénieur, expose, dans une communication relative à l'*hydrologie du canton de Neuchâtel,* les principes qui ont guidé les recherches d'eaux souterraines pour l'alimentation des diverses localités de ce canton.

Son travail, divisé en trois parties, comprend :

Première partie : Des généralités sur les connaissances scientifiques nécessaires aux techniciens pour s'occuper avec succès de la recherche des eaux souterraines.

A ce propos, M. Ritter rappelle la fameuse baguette à deux branches employée encore de nos jours par les sourciers. Lorsqu'on plie cette baguette, les torsions dans les deux branches étant forcément inégales, il se produit une résultante qui force la baguette à opérer une conversion entre les mains de l'opérateur : et si, pour convaincre sa dupe, le sorcier tient la baguette d'un bout et engage le crédule qui l'écoute à la tenir de l'autre, ce dernier sent effectivement un effort irrésistible se produire, et plus il résiste en pliant davantage la baguette, plus l'inégalité des efforts de torsion s'accentue et force la baguette à tourner. Tel est le mystère. Ce phénomène n'a du reste rien à voir avec la présence d'eau souterraine. Ce qui est plus curieux encore, c'est que la plupart de ces sourciers à baguette sont de bonne foi et se croient véritablement doués d'une faculté magnétique mystérieuse qu'ils transmettent à la baguette divinatrice.

Deuxième partie : Elle comprend un développement sur divers profils géologiques et sur la nature des terrains du massif jurassique neuchâtelois, savoir :

a) Le *Jurassique supérieur*, craquelé et fissuré, que les failles, clivages et disjonctions de tous genres, et toutes les cavernes et cavités produites par la dissolution de la roche, ont transformé en une véritable éponge de 350 à 400 m. d'épaisseur qui absorbe toutes les eaux pluviales là où ces bancs affleurent.

b) Le *Jurassique moyen* (Oxfordien ou Argovien), situé sous le terrain précédent, étage marneux imperméable.

qui, servant partout de matelas au Jurassique supérieur, perméable aux eaux, fait fonction de les retenir et les contraint de chercher, de fissure en fissure et de cavité en cavité, un écoulement variable en vitesse, selon la pente et l'abondance des fissures.

c) Le *Crétacé*, formé du Valangien ou Crétacé inférieur et du Néocomien ou Crétacé moyen. Le premier, vu ses fissures, clivages et fendillements, peut être hydrologiquement considéré comme appartenant au Jurassique supérieur; les couches de marne imperméable assimilent au point de vue hydrologique le second à l'Oxfordien; seulement, celui-ci fonctionne en dessous comme matelas interne, tandis que la marne néocomienne fonctionne au-dessus comme matelas imperméable externe.

d) Le *Tertiaire*, qui garnit le fond des vallées du Jura et, relevé le long de leurs côtes, permet à la nappe des eaux formée par l'absorption du Jurassique de monter assez haut pour émerger à une altitude utile comme sources alimentaires aux localités de la plaine.

e) Le *Quaternaire*, formé de sables et graviers perméables, avec alternances de bancs d'argile et de boues glaciaires plus ou moins imperméables. De là, dans les bas-fonds, l'existence de nappes phréatiques ou, dans les ravins d'érosion de ce terrain, l'apparition de sources souvent abondantes.

La troisième partie du travail de M. Ritter comporte la *classification des sources du Jura*. Il base cette classification sur le terrain imperméable qui en provoque ou permet l'émargement à la surface. On aura donc :

a) Les sources oxfordiennes ou argoviennes.
b) » crétacées ou mieux néocomiennes.
c) » tertiaires ou mollassiques.
d) » quaternaires.

Au premier groupe appartiennent, entre autres, les sources situées au N. de la montagne de Boudry, qui alimentent l'aqueduc des eaux de Neuchâtel; de même la Reuse, la Noiraigue, les sources de Préladan et de Gänsbrunnen, dans le vallon transversal de Crémines (Val de Moutier) à St-Joseph.

La Serrières, les sources du château de Gorgier et les *tannes* de ce village, le ruisseau de St-Aubin, les sources de la Raisse, de Bonvillars plus à l'ouest, celles de l'Écluse à Neuchâtel, du ruisseau de St-Blaise, de Cressier et du Landeron, sont, ainsi que beaucoup d'autres, des sources néocomiennes.

Tout le pourtour du Val-de-Ruz voit sourdre des sources tertiaires : ainsi, les sources du Seyon, le Berbier, les sources qui alimentent Savagnier, celles qui alimenteront bientôt Fenin, celles de Coffrane, Geneveys-sur-Coffrane, Malvilliers, appartiennent à ce groupe.

Enfin, les eaux quaternaires ont été utilisées de tout temps au moyen de puits, et de nos jours, quelques localités sont alimentées par des aqueducs collecteurs de ces eaux, ainsi Cernier, Coffrane, les Geneveys-sur-Coffrane, les Hauts-Geneveys, Boudevilliers, Valangin.

MM. Eug. Bourquin et L. Rollier présentent une note sur *les gisements anormaux des tranchées de la gare de la Chaux-de-Fonds.*

Le flanc sud de la vallée tertiaire de la Chaux-de-Fonds est affecté d'un plissement secondaire (colline du Temple) dans le Valangien, contre lequel la mollasse marine s'adosse en discordance de stratification, avec remplissage des inégalités du substratum, trous de pholades, etc. Ce plissement secondaire renferme en outre des poches fossilifères ou pénétrations de marne jaune néocomienne ou hauterivienne qui ont subi le plissement avec la roche encaissante. Le pli est en outre très disloqué, par places transformé en brèches de dislocation ou de friction, et de gros paquets de brèches purbeckiennes avec fossiles caractéristiques de cet étage sont venus se placer entre les rochers valangiens dérangés de leur position normale. Il y a donc là trois phénomènes de contacts anormaux bien différents. La coupe relevée le long de la ligne et au moyen des tranchées récentes montre en outre une faille ou un chevauchement au contact du Jurassique supérieur du flanc supérieur de la vallée.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

AVRIL 1901

Le 1er, pluie le matin jusqu'à 9 h. du soir.

2, pluie dans la nuit.

3, pluie à 7 h. et à 10 h. du matin.

4, pluie à 1 h. du matin et à 7 h. du soir; fort vent à 7 h. du soir.

5, pluie dans la nuit, à 4 h. et à 7 h. du soir; brouillard à 7 h. du matin; fort vent à 1 h. et depuis 9 h. du soir.

6, fort vent à 7 h. du matin et à 1 h. du soir.

7, pluie dans la nuit, à 10 h. du matin et à 10 h. du soir; orageux depuis 5 h. 30 m. du soir; fort orage de 8 h. 30 m. à 10 h. 30 m.

8, forte pluie dans la nuit.

9, forte rosée le matin; très fort vent de 10 h. du matin à 7 h. du soir; éclairs au NE. dans la soirée.

10, pluie dans la nuit et de 7 h. du matin à 1 h. du soir; nouvelle neige sur les montagnes environnantes; fort vent à 10 h. du soir.

11, fort vent de 10 h. du matin à 7 h. du soir.

12, pluie dans la nuit et de 7 h. du matin à 4 h. du soir; nouvelle neige sur le Salève.

13, pluie dans la nuit; forte bise à 1 h. du soir.

14, pluie à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir; fort vent à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

15, pluie dans la nuit, à 10 h. du matin et à 4 h. du soir; fort vent de 7 h. du matin à 7 h. du soir; averse orageuse, arc-en-ciel, grésil et tonnerres à 5 h. 30 m. du soir.

16, fort vent de 1 h. à 4 h. du soir; pluie à 9 h. du soir.

17, pluie dans la nuit et de 10 h. du matin à 1 h. du soir; forte giboulée de neige de 10 h. 50 m. à 11 h. 40 m. du matin.

18, très forte gelée blanche le matin; forte bise de 10 h. du matin à 9 h. du soir.

19, très forte gelée blanche le matin.

20, forte gelée blanche le matin.

21, très forte rosée le matin.

22, très forte rosée le matin.

23, rosée le matin.

24, forte rosée le matin et bise à 9 h. du soir; halo et couronne lunaire.

25, légère pluie à 10 h. du soir.

26, pluie dans la nuit et à 4 h. du soir; orage de 10 h. 15 m. à 10 h. 45 m. du soir.

27, orage à minuit; pluie dans la nuit et de 10 h. du matin à 1 h. du soir.

28, pluie dans la nuit.

29, forte rosée le matin; pluie depuis 2 h. du soir.

30, pluie dans la nuit et à 1 h. du soir; nouvelle neige sur les montagnes environnantes; fort vent à 10 h. du matin.

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux suivants.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 3 à 9 h. soir	734.9	Le 1er à minuit	719,4
12 à 8 h. matin	20,4	12 à 5 h. matin	19.2
18 à 11 h. matin	33,5	26 à 5 h. soir	15,6
26 à minuit	19,0	30 à minuit	26,2
30 à 11 h. soir	28.7		

Résultats des observations pluviométriques faites dans le canton de Genève.

Stations Observ. MM.	CÉLIGNY Ch. Pesson	COLLEX J. Gottraux	CHAMBÉSY L. Perrot	SATIGNY P. Pelletier	ATHENAZ J.-J. Decor	COMPESIERES Pellegrin
Hauteur d'eau en mm.	148.1	145.2	134.5	171.5	142.8	134.5

Stations Observ. MM.	VEYRIER B. Babel	GENÈVE Observatoire	COLOGNY R. Gautier	PUPLINGE A. Dunant	JUSSY M. Micheli	HERMANCE C. Nyauld
Hauteur d'eau en mm.	139.9	147.0	153.6	137.3	133.0	142.7

Durée totale de l'insolation à Jussy : 113h 35m.

GENÈVE. — AVRIL 1901.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en %. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en %. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en %. Minim.	Fract. de saturation en %. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'h.	Vent dominant.	Chemin parcouru par le vent. Kil. par heure	Nébulosité moyenne	Insolation. Dur. en heures.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale	Limnimètre
	mm	mm	mm	mm									mm					h			
1	723,49	− 1,04	719,4	728.8	+ 10.24	+ 3,41	+ 7,5	+ 13,9	72	0	18	100	24.8	18	SSW. 1	7.5	10	...	5.6	− 1.7	1110
2	30,16	+ 5 64	29.2	31.7	+ 9.15	+ 2.18	+ 5,7	+ 14.0	80	+ 8	57	99	. . .	..	N. 1	3.5	7	7.5	6.0	− 1.3	1117
3	32.39	+ 7 88	29.6	34.9	+ 11.80	+ 4.70	+ 6.9	+ 16.9	71	0	49	88	0.5	3	var.	6.9	8	2.2	6.6	− 0.8	1110
4	32.45	+ 7.95	31,5	33.6	+ 11.36	+ 4 12	+ 6,7	+ 15 3	75	+ 4	59	89	8,4	8	WSW. 1	10.5	10	. .	6.5	− 1.0	1045
5	30 06	+ 5.57	27,4	33,4	+ 13 26	+ 5.88	+ 9.7	+ 16.3	85	+ 14	71	89	7,2	8	SSW. 2	12.5	10	...	6.9	− 0.7	1155
6	28 95	+ 4.46	27.9	30.2	+ 15.44	+ 7.93	+ 11,7	+ 20 4	65	− 6	45	100	0,1	..	var.	12.5	8	5.5	6.9	− 0.8	1217
7	26,02	+ 1.54	25.0	28 0	+ 12 65	+ 5.00	+ 8,0	+ 15,7	80	+ 9	63	85	14.8	3	N. 1	6.9	10	2.4	. .	...	1275
8	24.88	+ 0 40	24 0	25.7	+ 13.67	+ 5,88	+ 8.3	+ 22 4	77	+ 6	36	99	...	..	var.	6.9	4	7.6	. .	...	1385
9	23,78	− 0,70	22.5	24.8	+ 13.95	+ 6 02	+ 9,3	+ 18.5	72	+ 1	57	98	7.0	4	SSW. 2	14.5	8	1.8	7.2	− 0.7	1390
10	23,43	− 1,06	21.3	25,8	+ 9.44	+ 1,37	+ 6.6	+ 18.5	74	+ 4	47	86	11,8	6	SSW. 1	12.5	10	0.7	7.4	− 0.6	1512
11	22,76	− 1,73	20.1	25 9	+ 11.84	+ 3.63	+ 6 0	+ 13 8	50	− 20	34	98	1.1	..	SSW. 2	17.8	7	6.6	6.8	− 1.3	1465
12	19,88	− 4,62	19 2	20.4	+ 6.71	− 1,64	+ 4,0	+ 16.7	80	+ 10	65	70	16.2	11	var.	6.9	10	...	7.0	− 1.2	1465
13	25,36	+ 0.85	19 6	29.2	+ 5,48	− 3 01	+ 4,0	+ 11,2	63	− 7	36	90	1,9	1	var.	9.2	9	2.1	6.0	− 2.3	1445
14	25,09	+ 0.57	21.5	28.6	+ 6.77	− 1.86	+ 2,0	+ 8.5	79	+ 9	70	92	12 2	16	SSW. 1	13.5	10	..	. .	...	1445
15	20,96	− 3.57	19.3	32.6	+ 11,05	+ 2.28	+ 9.1	+ 10,4	70	0	50	90	2.8	4	SSW. 3	20.9	9	5.4	6.2	− 2.3	1440
16	21,93	− 2.62	20 8	23.5	+ 8.29	− 0.62	+ 4,5	+ 15.9	57	− 13	27	82	2.5	2	SSW. 2	16 7	7	6.7	6.4	− 2.2	1435
17	26,37	+ 1.81	22.5	32 4	+ 4,41	− 4.64	− 0.1	+ 11.8	81	+ 11	68	79	6.2	4	SSW. 1	9.2	7	1.5	6.3	− 2.4	1446
18	32,62	+ 8.04	32,3	33.5	+ 4.55	− 4,64	− 1.5	+ 6,5	66	+ 4	37	98	..	..	NNE. 2	13.5	0	11.8	6.0	− 2.8	1430
19	32.01	+ 7.41	29.1	33.8	+ 5.63	− 3.71	− 1,0	+ 8.7	62	− 8	41	98	...	..	N. 1	5.2	0	12.1	5.8	− 3.0	1397
20	29,42	+ 4.80	27.6	30.8	+ 8.31	− 1.17	+ 0.4	+ 10.7	59	− 11	34	82	...	..	N. 1	3.5	0	12.3	6.6	− 2.4	1345
21	27.03	+ 2.39	25 1	28.5	+ 10.67	+ 1.05	+ 2.9	+ 16,0	60	− 10	38	80	...	..	var.	4.2	0	12.6	.	.	1365
22	25 06	+ 0.39	23.9	26.1	+ 12,38	+ 2.62	+ 5.0	+ 17.2	58	− 11	36	78	...	..	var.	5.2	7	10.3	7.4	− 1.8	1327
23	24.87	+ 0.18	23.8	26.0	+ 13.86	+ 3.95	+ 8.7	+ 18.7	55	− 14	38	82	...	.	N. 1	4.2	6	9.0	8.7	− 0.6	1274
24	23 46	− 1 26	20.2	24.7	+ 12.11	+ 2.06	+ 8.1	+ 19,3	53	− 16	39	75	...	..	NNE. 1	7,9	4	11.8	9.3	0.0	1252
25	21.51	− 3 24	19.3	22.9	+ 11.09	+ 0.89	+ 7.5	+ 16 7	68	− 1	54	65	0.1	..	var.	4.8	8	1.9	10.0	+ 0.5	1242
26	17.17	− 7.61	15.6	19.0	+ 12.04	+ 1,70	+ 9.2	+ 15.5	75	+ 6	50	79	4.7	2	var.	6.3	8	4.5	10.5	+ 0.9	1219
27	19.51	− 5 30	16,7	22.9	+ 9.00	− 1.48	+ 6.3	+ 17.5	89	+ 20	79	93	3.9	2	N. 1	7.5	9	1.6	10.4	+ 0.7	1232
28	25 17	+ 0.33	22 9	27.0	+ 9.15	− 1,48	+ 5.9	+ 15,0	73	+ 4	55	94	.	..	WSW. 1	9,2	9	3.?	.	..	1215
29	25,20	+ 0.32	23,2	26.8	+ 8.12	− 2,65	+ 3.8	+ 13.6	77	+ 8	58	90	19.8	8	SSW. 1	8.3	9	3.7	9.0	− 0.9	1197
30	27 64	+ 2 73	26,2	28 7	+ 7.18	− 3.74	+ 3.9	+ 15.5	71	+ 2	61	89	1.0	..	SSW. 2	8.3	10	1.4	8.8	− 1.2	1205
Mois	725.62	+ 0,85			+ 9,99	+ 1,02		+ 11.3	70	0		83				9.35	7.1		7.37	− 1.41	1304

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1901

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	727,27	726,92	727,53	728,10	727,92	727,44	727,39	727,93
2e »	25,55	25,30	25,90	26,31	25,92	25,28	25,17	25,69
3e »	23,81	23,69	24,00	24,01	23,53	23,00	23,41	23,83
Mois	25,55	25,31	25,81	26,14	25,79	25,24	25,32	25,82

Température.

	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc.	+ 10,94	+ 10,49	+ 10,03	+ 12,39	+ 13,66	+ 14,97	+ 12,06	+ 11,23
2e »	+ 6,30	+ 4,88	+ 5,40	+ 7,81	+ 9,09	+ 9,73	+ 8,58	+ 6,64
3e »	+ 8,74	— 7,54	+ 8,49	+ 11,48	+ 13,50	+ 13,58	+ 11,43	+ 9,72
Mois	+ 8,66	+ 7,64	+ 7,97	+ 10,56	+ 12,08	+ 12,76	+ 11,02	+ 9,20

Fraction de saturation en %.

1re décade	80	84	85	76	67	59	69	80
2e »	75	79	76	61	54	55	61	74
3e »	76	78	78	60	53	58	65	75
Mois	77	80	80	66	58	57	65	76

	Therm. min.	Therm. max.	Temp. du Rhône.	Nébulosité moyenne.	Insolation. Durée en heures.	Chemin parcouru p. le vent.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		h.	kil. p. h.	mm	
1re déc.	+ 8,04	+ 16,72	+ 6,64	8,5	27,7	9,42	74,6	1232
2e »	+ 2,74	+ 11,64	+ 6,34	5,9	58,5	12,04	42,9	1428
3e »	+ 6,13	+ 16,03	+ 9,26	7,0	59,8	6,59	29,5	1253
Mois	+ 5,64	+ 14,80	+ 7,37	7,1	146,0	9,35	147,0	1304

Dans ce mois l'air a été calme 23,09 fois sur 100.

Le rapport des vents du NNE. à ceux du SSW. a été 0.81.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 71°,4 W. et son intensité est égale à 17,7 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AVRIL 1901.

Le 1er, brouillard à 7 h. du matin et depuis 9 h. du soir; neige à 10 h. du matin, à 4 h. et à 7 h. du soir.

2, brouillard et forte bise depuis 9 h. du soir.

4, brouillard et forte bise depuis 7 h. du soir; neige à 4 h. du soir.

5, neige depuis 10 h. du matin jusqu'à la nuit.

6, neige à 7 h. du soir; pluie depuis 9 h. du soir.

7, brouillard à 9 h. du soir.

9, brouillard et fort vent depuis 7 h. du soir.

10, brouillard à 7 h. du matin et à 4 h. du soir: fort vent jusqu'à 10 h. du matin et forte bise depuis 1 h. du soir; neige à 10 h. du matin et à 1 h. du soir.

11, fort vent depuis 1 h. du soir; brouillard depuis 7 h. du soir.

12, fort vent le matin jusqu'à 4 h. du soir; forte bise depuis 7 h. du soir; brouillard à 7 h. du matin et à 1 h. du soir; neige à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir.

13, très forte bise pendant tout le jour; brouillard à 7 h. du matin et depuis 9 h. du soir; neige à 4 h. du soir.

14, forte bise à 7 h. du matin; neige à 7 h. du matin et depuis 4 h. du soir.

15, neige à 7 h. du matin.

16, brouillard à 10 h. du matin; neige et forte bise depuis 9 h. du soir.

17, neige à 7 h. du matin et à 9 h. du soir; brouillard et très forte bise depuis 4 h. du soir.

18, brouillard à 10 h. du matin; forte bise à 1 h. du soir.

19, fraction de saturation à 6 h du matin: 19 %.

22, fort vent depuis 9 h. du soir.

24, brouillard à 1 h. et à 4 h. du soir.

25, brouillard pendant tout le jour.

26, neige à 1 h. et 4 h. du soir; brouillard depuis 7 h. du soir; forte bise depuis 9 h. du soir.

27, très fort vent pendant tout le jour; brouillard à 7 h. du matin et depuis 1 h. du soir; neige à 10 h. du matin et à 7 h. du soir.

28, neige à 10 h. du matin, à 1 h. et à 7 h. du soir.

29, très fort vent depuis 1 h. du soir; neige à 1 h. du soir; brouillard depuis 4 h. du soir.

30, brouillard à 10 h. du matin; neige à 1 h. du soir.

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : $-0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux suivants.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 3 à 10 h. soir	571,8	Le 1er à 6 h. matin	561,1
15 à 1 h. soir	59,8	4 à 4 h. soir	69,6
22 à 1 h. matin	67,0	13 à 4 h. matin	53,8
26 à minuit	58,8	20 à 7 h. matin	66,5
30 à 10 h. soir	63,2	26 à 4 h. soir	56,7
		30 à 4 h. matin	61,3

SAINT-BERNARD. — AVRIL 1904

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum observé au barographe	Baromètre. Maximum observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum absolu.	Température C. Maximum absolu.	Fraction de saturation moyenne	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°		cm	mm		
1	562,80	+ 2,45	561,0	565,0	— 5,26	+ 0,22	— 7,0	— 2,8	94	15	14,5	SW. 1	10
2	67,31	+ 6,91	65,5	68,7	— 3,19	+ 2,17	— 4,8	+ 1,4	86	....	.....	NE. 1	4
3	69,97	+ 9,51	68,7	71,8	— 2,19	+ 3,05	— 4,5	+ 3,1	82	....	.....	SW. 1	4
4	70,39	+ 9,87	69,6	71,6	+ 0,69	+ 5,81	— 2,8	+ 5,2	76	.....	11,2	var.	7
5	67,94	+ 7,36	65,5	70,0	+ 0,89	+ 5,88	— 1,7	+ 7,4	89	30	41,5	NE. 1	9
6	67,54	+ 6,90	65,5	68,9	+ 1,49	+ 6,35	— 1,8	+ 6,0	83	.....	6,5	NE. 1	5
7	67,30	+ 6,59	66,6	68,7	+ 3,09	+ 7,83	— 1,4	+ 7,2	71	....	4,2	SW. 1	7
8	66,38	+ 5,60	60,0	67,1	+ 3,99	+ 8,60	+ 1,9	+ 9,3	59	.....	.....	SW. 1	1
9	65,32	+ 4,47	64,0	67,0	— 0,49	+ 3,99	— 0,5	+ 5,7	83	10	12,0	SW. 1	7
10	60,73	— 0,19	59,1	64,1	— 5,07	— 0,72	— 8,5	+ 4,2	90	12	19,5	NE. 2	8
11	60,91	— 0,08	60,0	61,4	— 4,99	— 0,77	— 8,8	— 0,3	74	8	5,2	SW. 2	5
12	56,92	— 4,14	54,9	60,0	— 6,42	— 2,33	— 7,7	+ 0,2	95	10	7,5	SW. 2	10
13	57,33	— 3,81	53,8	61,0	—10,91	— 6,95	—12,9	— 4,0	90	7	5,5	NE. 2	9
14	60,81	— 0,41	59,3	62,0	— 4,12	— 0,29	— 5,7	+ 0,2	82	36	26,0	NE. 1	8
15	59,36	— 1,94	58,8	59,8	— 2,31	+ 1,38	— 4,2	+ 2,5	67	8	7,5	NE. 1	4
16	56,69	— 4,69	55,3	57,9	— 8,11	— 4,56	— 9,1	+ 3,0	79	20	14,0	NE. 1	7
17	59,25	— 2,21	57,3	63,8	— 8,97	— 5,56	—10,4	— 0,3	93	6	4,5	NE. 2	9
18	64,28	+ 2,74	63,3	65,8	— 9,89	— 6,62	—14,1	— 0,8	83	....	.....	NE. 1	2
19	66,21	+ 4,59	65,9	66,7	— 4,51	— 1,38	—10,7	+ 2,2	41	....	.....	NE. 1	0
20	66,74	+ 5,03	66,5	66,8	— 1,61	+ 1,38	— 6,6	+ 5,3	51	....	.....	SW. 1	0
21	66,38	+ 4,58	66,2	66,8	+ 1,41	+ 4,26	— 3,6	+ 7,2	51	....	.....	SW. 1	0
22	65,55	+ 3,66	65,2	67,0	— 0,96	+ 1,75	— 2,7	+ 4,4	86	....	.....	SW. 1	4
23	64,35	+ 2,37	64,0	65,3	— 1,51	+ 1,06	— 2,8	+ 5,7	84	.....	.....	SW. 1	6
24	62,78	+ 0,71	62,5	63,8	— 0,47	+ 1,96	— 1,5	+ 9,3	83	.....	.....	var.	4
25	60,72	— 1,44	59,2	62,1	— 1,46	+ 0,83	— 2,1	+ 1,8	92	..	...	NE. 1	10
26	57,16	— 5,09	56,7	58,8	— 1,31	+ 0,83	— 2,6	+ 4,5	84	15	29,0	NE. 1	9
27	58,63	— 3,71	57,7	60,6	— 5,11	— 3,12	— 5,4	— 0,1	95	14	16,5	SW. 3	10
28	61,49	— 0,94	60,3	62,9	— 5,79	— 3,94	— 6,8	— 2,8	89	5	5,0	SW. 1	7
29	61,81	— 0,71	60,7	62,8	— 5,69	— 3,98	— 9,5	— 0,5	83	10	13,5	SW. 2	8
30	62,16	— 0,46	61,3	63,2	— 5,51	— 3,94	— 8,5	0,0	83	4	2,6	NE. 1	6
Mois	563,71	+ 2,08			— 3,14	+ 0,13			80				6,1

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — AVRIL 1901.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	566,92	566,36	566,32	566,56	566,48	566,52	566,61	566,78
2e » ...	60,77	60,29	60,29	60,85	61,04	60,94	61,15	61,48
3e » ...	62,54	61,94	61,94	62,04	62,03	61,97	62,05	62,30
Mois	63,41	62,86	62,85	63,15	63,18	63,14	63,27	63,52

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Min. obs	Max. obs.
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc.	— 0,55	+ 1,24	+ 2,12	+ 0,66	— 0,88	— 0,87	— 311,	+ 4,67
2e » .	— 6,49	— 3,79	— 2,91	— 4,48	— 6,55	— 7,54	— 9,02	+ 0,80
3e » .	— 2,43	— 0,42	— 0,16	— 1,04	— 2,60	— 3,84	— 4,55	+ 2,95
Mois.	— 3,16	— 0,99	— 0,32	— 1,62	— 3,34	— 4,08	— 5,56	+ 2,81

	Fraction de saturation en %.			Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige.
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.		mm	cm
1re décade ...	82	74	87	6,4	109,5	67
2e » ...	81	66	79	5,4	70,2	95
3e » ...	85	77	86	6,5	66,6	48
Mois	83	72	84	6,1	246,3	210

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SW a été 0,91.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W. et son intensité est égale à 6,1 sur 100.

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 1.

Fig. 2 a

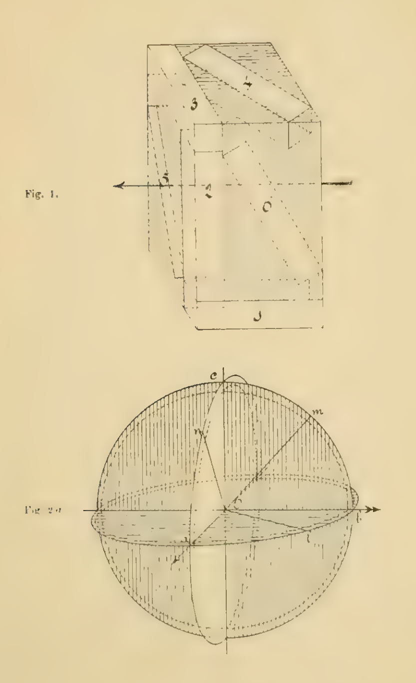
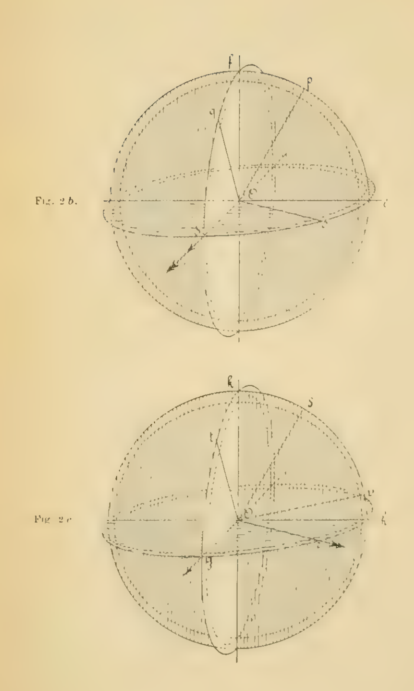
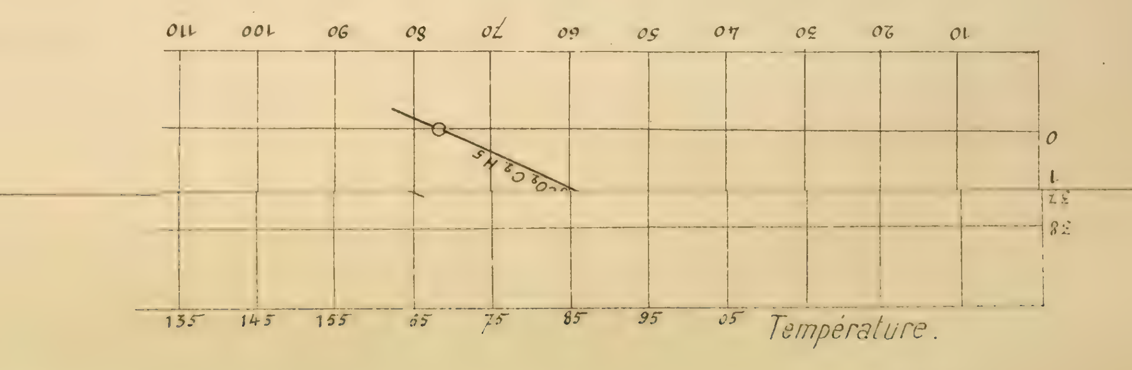
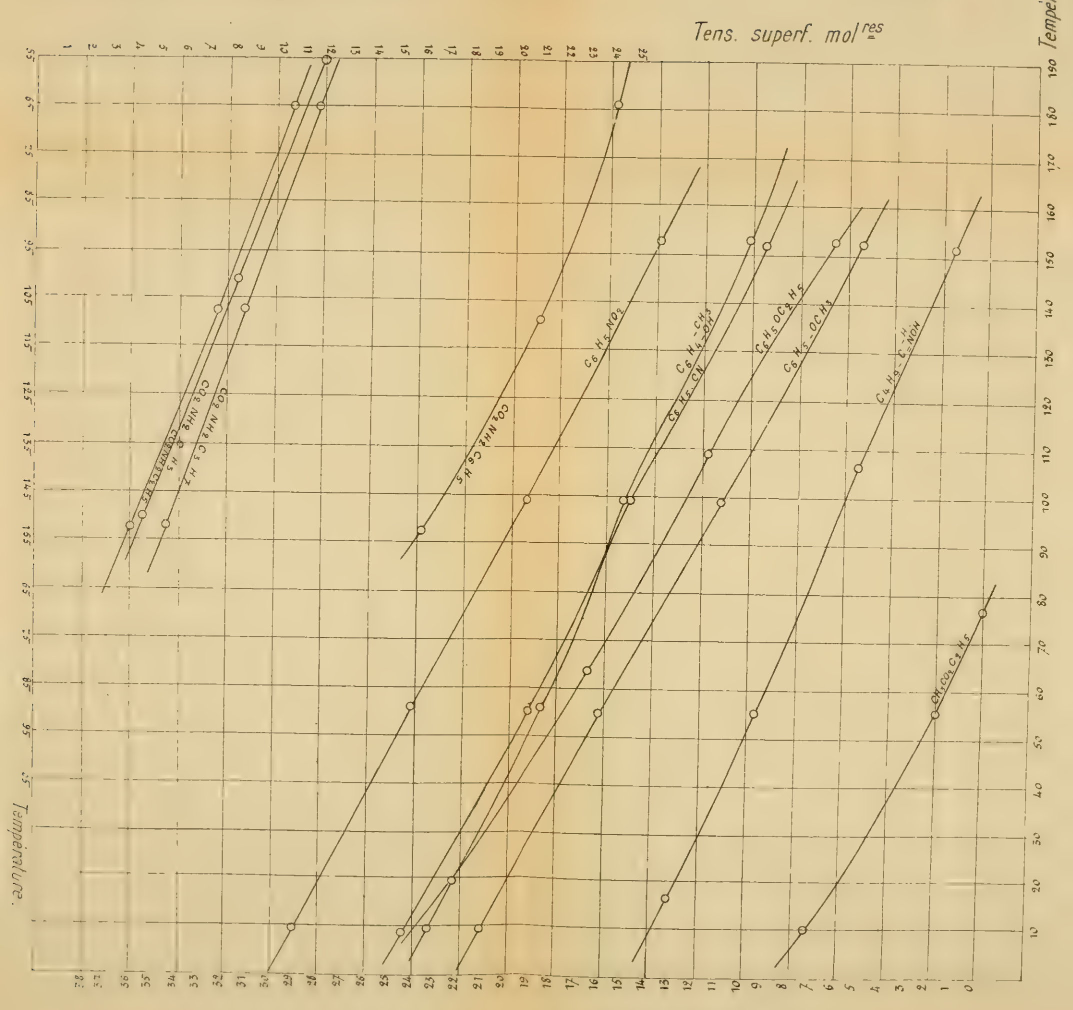


Fig. 2 b.

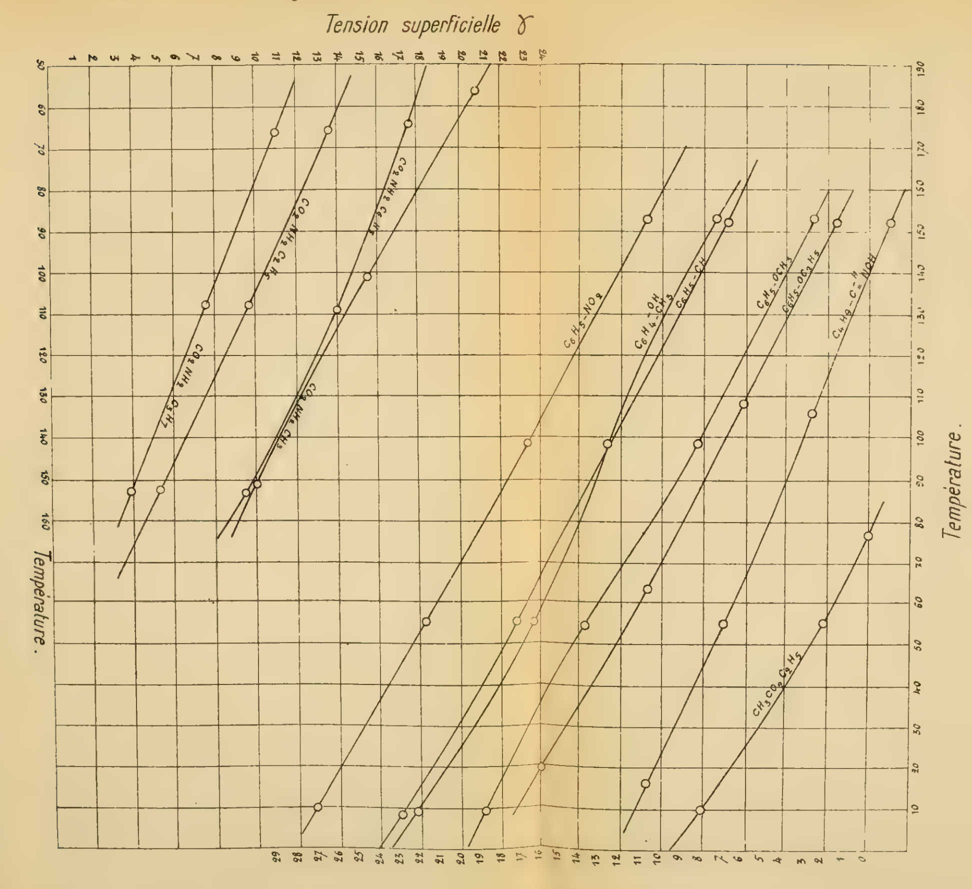
Fig. 2 c



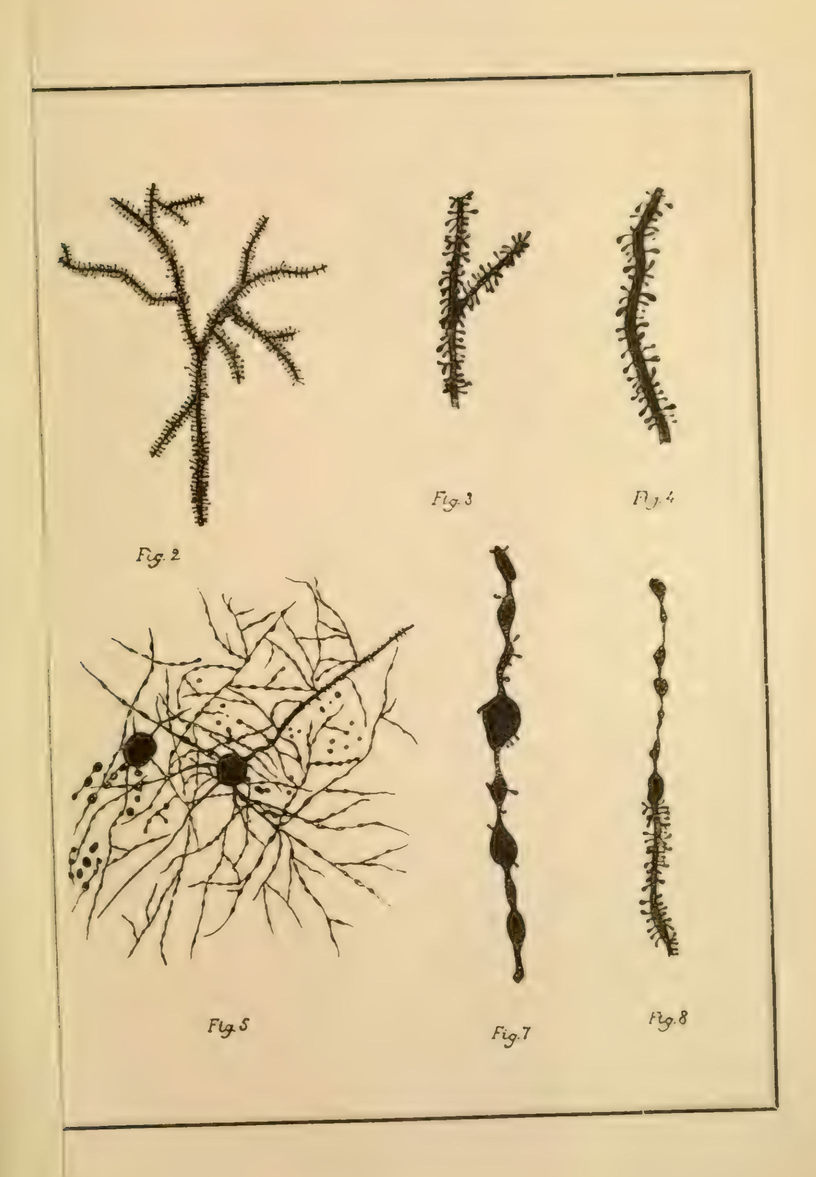

135
145
155
65
75
85
95
05
Température.


Tens. superf. mol^res
Température
C6 H5 NO2
CO2 NH2 C6 H5
C6 H5 CN
C6 H5 OC2 H5
C6 H5 -OCH3
CH3 CO2 C2 H5
Température
Tens. superf. mol^res

Temperature.



Tension superficielle γ
Température.
$CO_2NH_2C_7H_7$
$CO_2NH_2C_2H_5$
$CO_2NH_2C_6H_5$
$CO_2NH_2CH_3$
$C_6H_5-NO_2$
$C_6H_4-OH-CH_3$
C_6H_5-CH
$C_6H_5-OCH_3$
$C_6H_5-OC_2H_5$
$C_4H_9-C=NOH$
$CH_3CO_2C_2H_5$


Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 7
Fig. 8

EXPLICATION DE LA PLANCHE IX

Fig. 1. — Grande cellule pyramidale du cobaye normal avec une partie de sa tige ascendante, ses dendrites basilaires garnis d'*appendices piriformes* et son cylindre-axe. Zeiss obj. C., oc. 4.

Fig. 2. — Panache d'une petite cellule pyramidale (du même animal) avec ses appendices piriformes. Même grossissement.

Fig. 3. — Un ramuscule protoplasmique pris dans la couche moléculaire et grossi plus fortement. Zeiss obj. E., oc. 4.

Fig. 4. — Ramuscule protoplasmique de la couche moléculaire tel qu'il se présente à l'immersion homogène. Zeiss. obj. 1.40, oc. 4.

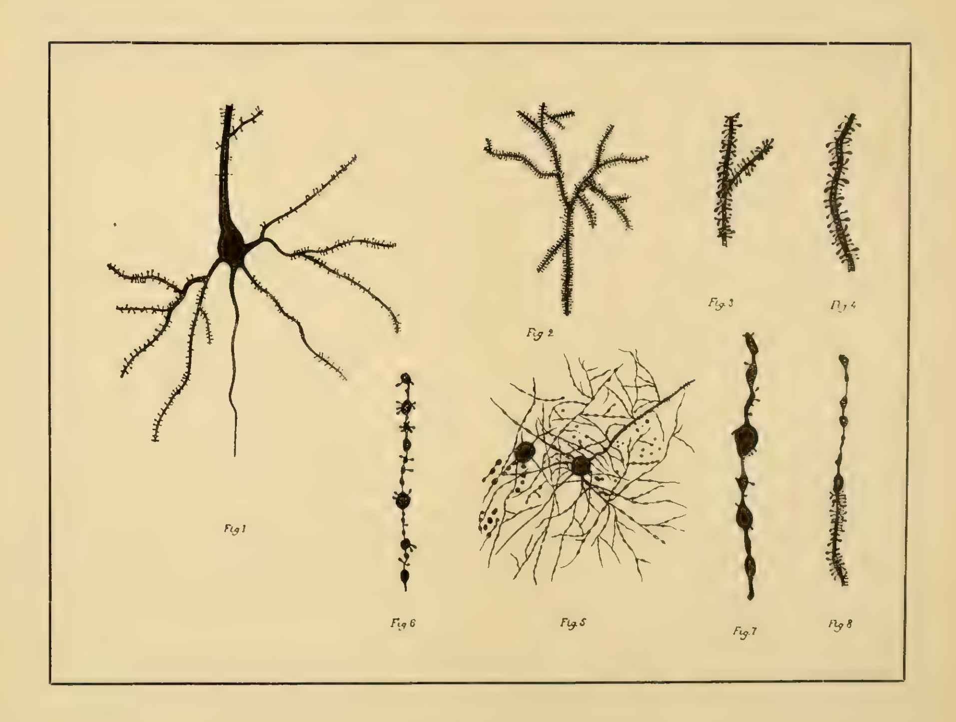
Fig. 5. — Écorce cérébrale d'une souris tuée par l'éther; on constate la disparition presque complète d'appendices piriformes; les dendrites sont couverts de nombreuses perles; le corps des cellules pyramidales est altéré. Zeiss obj. C., oc. 4.

Fig. 6. — Dendrite variqueux d'un cobaye normal; les appendices piriformes en nombre décroissant.

Fig. 7. — Tige protoplasmique principale à l'état variqueux, avec quelques appendices piriformes. Même animal.

Fig. 8. — Ramuscule protoplasmique dont la partie supérieure variqueuse est complètement dépourvue d'appendices piriformes et dont la partie inférieure est à l'état normal et garnie de nombreux appendices.

Remarque. — Grossissement des fig. 5, 6, 7 et 8. Zeiss obj, C., oc. 4. En comparant entre elles ces quatre figures, dessinées au même grossissement, on voit nettement que les perles produites sous l'action de l'éther sont de *beaucoup plus petites* et plus régulières que les varicorités représentées sur les fig. 6, 7 et 8, et observées dans le cerveau d'un cobaye normal.



CONTRIBUTION

A L'ÉTUDE DE LA POLYMÉRISATION

des liquides organiques

PAR

Ph.-A. GUYE et Achille BAUD

(Suite et fin[1].)

II

PARTIE THÉORIQUE

Après avoir donné le relevé détaillé de nos expériences, il convient d'examiner rapidement les principales déductions qui s'en dégagent. Nous sommes ainsi amenés à considérer successivement les points suivants :

I. Considérations théoriques ;

II. Valeurs moyennes du coefficient de température de l'énergie superficielle moléculaire ;

III. Variation de ce coefficient pour un même corps envisagé à diverses températures ;

IV Calcul indirect des températures critiques ;

[1] Voir *Archives*, mai 1901, t. XI, p. 449.

V. Calcul indirect des pressions critiques ;
VI. Résumé et conclusions.

I. Considérations théoriques.

On sait que MM. Ramsay et Shields ont été conduits à représenter l'énergie superficielle moléculaire $\gamma (Mv)^{\frac{2}{3}}$ telle qu'elle a été définie par M. Eötvös [1], au moyen d'une fonction linéaire de la température.

$$\gamma (Mv)^{\frac{2}{3}} = K (T_c - T - d)$$

dans laquelle T_c représente la température critique, T la température correspondant à la valeur considérée de $\gamma (Mv)^{\frac{2}{3}}$ et d une quantité variant un peu d'un corps à l'autre, mais généralement voisine de 6 degrés centigrades.

On a vu dans la première partie de ce mémoire que deux déterminations de $\gamma (Mv)^{\frac{2}{3}}$ à deux températures différentes permettent de calculer K par la formule :

$$K = \frac{\gamma (Mv)^{\frac{2}{3}} - \gamma_1 (Mv_1)^{\frac{2}{3}}}{t_1 - t} \qquad (1)$$

En outre les deux savants anglais ont admis que tous les liquides que nous appellerons pour abréger « *liquides normaux* » sont caractérisés par une valeur de K très voisine d'une valeur moyenne égale à 2,12 ; dans ce cas, le liquide peut être regardé comme formé essentiellement de molécules dont la grandeur est exprimée par la valeur de M entrant dans la relation (1).

Poussant plus loin ces déductions, ces auteurs ont conclu que, lorsqu'on trouve pour K une valeur nota-

[1] Eötvös. *Wied. Ann.* t. 27, p. 452.

blement différente de 2,12, la valeur de M a été mal choisie ; en d'autres termes, cette valeur doit être multipliée par un coeefficient x dit coefficient d'association mais qu'il nous paraît plus exact d'appeler *coefficient* ou *facteur de polymérisation*.

Ce facteur est donné par la relation

$$x = \left(\frac{2.12}{K}\right)^2 \qquad (2).$$

dans laquelle K représente la constante trouvée par la relation (1) pour une valeur supposée exacte de M.

En toute rigueur, cette relation ne peut être employée que si la courbe des tensions superficielles moléculaires reste linéaire entre les deux températures qui ont servi à déterminer K ; si tel n'est pas le cas, le facteur x doit être considéré comme une fonction de la température au même titre que le coefficient K. Pour ce dernier, MM. Ramsay et Rose-Innes[1] ont proposé la formule empirique suivante :

$$x = \frac{2.121}{K}\left(1 + \mu\tau\right)^{\frac{3}{2}} \qquad (3).$$

dans laquelle $\tau = t_c - t$ et μ est un coefficient que l'on détermine au moyen de deux expériences ; tandis que M. Van der Waals[2], admettant *a priori* que les liquides sont dépolymérisés au point critique et par conséquent constitués par des molécules simples, a été conduit à exprimer les variations de K par l'équation :

$$x^{\frac{2}{3}} = \frac{K(\tau - \tau_1) \times \sigma_1 M}{\sigma M} \qquad (4).$$

dans laquelle τ et τ_1 représentent les deux tempéra-

[1] Ramsay et Rose Innes. *Zeitschrift. f. phy. Ch.* 15 p. 114.
[2] Van der Waals. *Zeitschrift. f. phy. Ch.* 13, p. 734.

tures auxquelles sont mesurées les énergies superficielles σ et σ_1.

De ces deux solutions, nous ne retiendrons ici que la première, attendu qu'il résulte de considérations relatives au coefficient critique[1] que certains corps comme l'alcool méthylique et l'acide acétique peuvent être encore polymérisés à l'état critique, du moins partiellement[2]

Ces réserves faites, on admet dans la théorie de MM. Ramsay et Shields que lorsqu'un corps fournit une valeur de K plus petite que 2.12 le liquide est « anormal » ; en d'autres termes, on le regarde comme constitué soit par des molécules complexes de poids moléculaire $M \times x$, soit par un mélange en proportions inconnues de molécules simples M et de m molécules complexes $M \times n$, la valeur de n restant indéterminée mais les quantités m et n satisfaisant à la condition que le poids moléculaire moyen du mélange soit égal à $M \times x$, la quantité x étant plus grande que l'unité.

Une des conséquences de cette conception qui n'a pas été formulée, il est vrai, par ses auteurs, est la suivante :

Si la valeur de K est plus grande que la moyenne 2.12, le liquide doit être considéré comme partielle-

[1] Ph.-A. Guye. *Ann. Ch. Ph.* t. 21, p. 214.

[2] Même en ce qui concerne la première formule, il y aurait lieu de remarquer qu'elle est basée sur la connaissance de la température critique. Or, on ne connaît pas la température critique exacte du mélange considéré à la température τ, mais seulement celle du mélange, en d'autres proportions généralement, que forme le fluide au point critique. Il en résulte qu'il est impossible de mettre dans la relation (3) une valeur exacte de τ et que cette relation ne peut avoir qu'un caractère approximatif.

ment décomposé. Cet état de dissociation peut être envisagé de deux manières. Dans le cas le plus simple, chaque molécule de poids moléculaire M est dissociée en un nombre n de molécules donné par la relation

$$n = \frac{1}{x} = \left(\frac{K}{2.12}\right)^{3/2}$$

tandis que dans le cas complexe un certain nombre de molécules M restent non dissociées, et les autres en nombre inconnu m sont dissociées chacune en n molécules; m et n restant aussi indéterminés mais satisfaisant à la condition que le poids moléculaire moyen du mélange soit égale à $M \times x$, la quantité x étant plus petite que l'unité [1].

Or, il résulte des recherches déjà citées de MM. Dutoit et Friderich que des corps d'une grande stabilité conduisent à des valeurs de K notablement plus élevées que 2.12.

Comme on a jusqu'à présent aucune preuve de la dissociation de ces corps à l'état liquide, ces auteurs en ont conclu que le coefficient de température K peut prendre une valeur un peu différente dans chaque groupe de corps, et que le critérium du caractère normal ou anormal, tel que peut le révéler la méthode des ascensions capillaire, doit être cherché avant tout dans

[1] Afin de préciser une fois pour toutes, nous admettrons qu'un liquide est *anormal* lorsque sa complexité moléculaire varie avec la température; *normal* lorsque cette complexité reste invariable alors même que le liquide serait totalement ou partiellement polymérisé.

On pourrait peut-être réserver l'expression de liquide *parfait* à un liquide formé exclusivement de molécules d'une même espèce dans tout l'intervalle de température considéré.

la forme linéaire ou non de la courbe des valeurs de $\gamma\,(Mv)^{2/3}$ en fonction de la température.

Dans ce cas, il convient encore de noter que lorsque la courbe est linéaire, cela prouve seulement que le poids moléculaire du liquide reste constant dans l'intervalle de température considéré. Il n'en ressort aucune indication sur la grandeur de ce poids moléculaire.

Quant aux écarts de K par rapport à la valeur moyenne 2.12; ils ne devraient plus être considérés d'après MM. Dutoit et Friderich que comme une indication approximative du caractère normal ou anormal d'un liquide.

Tels sont sommairement résumés les principaux développements qu'il comportait de rappeler avant de discuter nos résultats.

II. Valeurs moyennes du coefficient de température K de l'énergie superficielle moléculaire.

Dans le tableau suivant, nous résumons les valeurs moyennes du coefficient de température de l'énergie superficielle moléculaire des liquides que nous avons étudiés, ceux-ci étant rangés par valeurs décroissantes de K :

Corps	K	Corps	K
1. Phénétol	2.43	7. Valéroxime	1.75
2. Anisol	2.30	8. Méthyléthylcétoxime	1.74
3. Acétate d'ethyle	2.23	9. Phényluréthane	1.59
4. Nitrobenzène	2.13	10. Méthyluréthane	1.56
5. Benzonitrile	2.12	11. Ethyluréthane	1.51
6. Métacrésol	1.90	12. Propyluréthane (iso.)	1.49

En ne tenant compte que des grands écarts de K par rapport à la valeur moyenne 2.12, les liquides étudiés

par nous se subdivisent en deux groupes distincts : le phénétol, l'anisol, l'acétate d'éthyle, le nitrobenzène et le benzonitrile qui paraissent normaux, et les uréthanes, les oximes qui sont certainement anormaux et polymérisés à l'état liquide. Entre ces deux groupes, le métacrésol, occupant une position intermédiaire, paraît partiellement polymérisé en raison de la valeur un peu faible de K.

Dans le premier groupe (corps normaux), le phénétol, l'anisol, conduisent à des valeurs de K plutôt élevées, caractérisant une dissociation partielle comme on l'a vu précédemment, à moins que l'on admette pour la série homologue des éthers alcoylés du phénol une constante K voisine de 2.3 à 2.4, Dans le groupe des anilines substituées étudié par MM. Dutoit et Friderich, les coefficients K ont des valeurs du même ordre.

	K
Diméthylaniline	2.39
Diéthylaniline	2.34
Diméthyl. o. toluidine	2.49

L'acétate d'éthyle, le nitrobenzène, le benzonitrile, se comportent comme des liquide normaux, nos mesures ne font d'ailleurs que confirmer sur ce point les résultats de MM. Ramsay et Shields.

Il convient cependant de noter que le benzonitrile est normal, comme le *p* - tolunitrile, à l'inverse de ce que l'on observe pour les nitriles de la série grasse (D. et F.) ; les valeurs moyennes de k pour le groupe des nitriles sont consignées dans le tableau suivant :

Corps	K	t^0	
Acetonitrile	1,50 — 1,56	16° — 90°	D. F.
Propionitrile	1,67 — 1,74	13° — 76°	D. F.
Benzonitrile	1,89	17° — 96°	R. S.
Benzonitrile	2,23 — 2,08	8° — 152°	G. B.
p. Tolunitrile	1,88 — 2,05	57° — 180°	D. F.

Quant au métacrésol, ainsi qu'on le verra plus loin, son coefficient K est très variable avec la température ; nous reviendrons sur la signification plus précise que que l'on peut déduire de ces variations.

Si nous passons maintenant au second groupe (liquides 7 à 12) nous sommes amenés à faire les constatations suivantes :

1° Aux groupes chimiques déjà connus comme caractérisés par la polymérisation à l'état liquide, il faut ajouter le groupe des oximes et celui des uréthanes : cela ne peut faire aucun doute en raison de la petitesse des valeurs de K.

La propriété qu'ont certains liquides de se polymériser avait été nettement reconnue antérieurement pour tout un groupe de corps oxygénés (eau, alcools, acides gras, cétones aliphatiques).

Nos recherches jointes à celles de MM. Dutoit et Friderich font ressortir le même fait pour tout un groupe de composés azotés (nitriles gras, oximes, uréthanes), à tel point qu'on est en droit de se demander si la cause de ces états polymères n'est pas identique à celle qui permet aux aldéhydes HCHO, CH_3CHO, CCl_3CHO... etc., de se transformer en corps complexes nettement définis $(HCHO)^3$, $(CH_3CHO)^3$, $(CCl_3CHO)^3$..., etc., et au cyanogène $(CN)^2$, à l'acide cyanhydrique (CNH), à l'acide cyanique (CNOH), à l'acide sulfocya-

nique ($CNSH$), au chlorure de cyanogène ($CNCl$), à la cyanamide ($CN.NH_2$)..., etc., de passer à l'état de paracyanogène $(CN)^n$, d'acide tricyanhydrique $(CNH)^3$, d'acice tricyanique $(CNOH)^3$, d'acide sulfocyanique $(CNSH)^3$ de chlorure cyanique $(CNCCl)^3$, de dicyanamide $C_2N_4H_4$..., etc.

2° Le groupe des uréthanes donne lieu à une observation unique en son genre, jusqu'à présent du moins. La constante K diminue à mesure que l'on considère les termes les plus élevés de la série : de telle sorte que les premiers homologues sont moins polymérisés que les termes plus élevés. C'est l'inverse de ce que l'on observe chez tous les groupes de liquides anormaux : alcools et acides gras, nitriles et cétones aliphatiques.

3° Les phénomènes de polymérisation des liquides paraissent liés à la fonction chimique. Jusqu'à présent, on les a observés avec les fonctions OH alcoolique, OH acide, CO cétonique, CN des nitriles, NH_2 des amines aromatiques, fonctions que nous désignerons pour abréger sous le nom de *fonctions polymérisantes*.

Il est intéressant de constater que lorsqu'un corps présente deux de ces fonctions polymérisantes, la polymérisation est plus accentuée, à complexité moléculaire égale, que lorsqu'une seule fonction entre en jeu.

Exemples : Les acides gras, avec les deux fonctions polymérisantes CO et OH sont plus polymérisés que les alcools ou les cétones du même nombre d'atomes de carbone ; de même les uréthanes, avec la double fonction polymérisante NH_2 et CO sont plus polymérisés que les amines ou cétones de même complexité moléculaire :

$C_6 H_5 NH_2$	1.60 à 2.05
$CH_3 . CO . C_6H_5$	2.14
$CH_3 . CO . NH_2$	1.83
$NH_2 . CO . OC_6H_5$	1.38 à 171

4° Les groupements dits « électronégatifs » tels que CO et CN paraissent exercer une influence certaine dans les phénomènes de polymérisation des liquides. Nous voyons là la confirmation d'une thèse soutenue dès 1892[1], à savoir qu'il s'agit bien d'une véritable polymérisation chimique, au sens habituel de ce terme, analogue à celle de l'aldehyde éthylique ou à celle des composés du cyanogène, rappelée plus haut et par conséquent toute différente d'une simple association physique de molécules chimiques simples[1].

En d'autres termes, dans un liquide polymérisé ou « anormal », on doit admettre l'existence de deux espèces de molécules chimiques, répondant aux poids moléculaires M et M $\times$ n, le facteur de polymérisation n étant vraisemblablement un nombre simple 2, 3, 4 dans la plupart des cas.

III. Variations de K pour un même corps envisagé à diverses températures.

La seconde question importante à envisager est celle de l'allure des courbes représentant les valeurs de γ et de $\gamma\,(Mv)^{\frac{2}{3}}$ en fonction de la température (voir Pl. VII et VIII).

[1] Ph.-A. Guye. *Ann. chim. phys.* (6) 21 p. 242; *Arch. Sc. phys. nat.* (3) 23 p. 231 (1892). Voir aussi *Arch. Sc. phys. nat.* (3) 31, p. 38 et 164.

Cette manière de voir a d'ailleurs été confirmée depuis par la mise en évidence de deux pouvoirs rotatoires $[a]_D$ différents pour les molécules simples et complexes qui constituent certains liquides actifs comme l'alcool amylique actif, l'acide valerique actif (Guye et Aston. *Comptes Rendus* t. 125, p. 819).

On admet généralement qu'un liquide normal, c'est-à-dire conservant le même degré de complexité moléculaire dans tout l'intervalle de température considéré donne des valeurs de $\gamma\,(M/v)^{\frac{2}{3}}$ qui peuvent être représentées par une fonction linéaire de la température. Les courbes que nous avons tracées sont représentées par la planche I. Elles permettent de formuler les observations qui suivent :

1° Les liquides que nous avons regardés comme normaux, d'après la valeur de leur coefficient de température K c'est-à-dire l'anisol, le phénétol, l'acétate d'éthyle, le benzonitrile, le nitrobenzène conduisent à des tracés sensiblement linéaires.

2° Il en est de même des uréthanes et des oximes que nous avons été amenés à considérer comme polymérisés de telle sorte que dans l'intervalle de température dans lequel ils ont été étudiés, le facteur de polymérisation reste sensiblement constant pour chacun d'eux. Donc, dans cet intervalle, ces liquides peuvent être considérés comme normaux bien que polymérisés.

La constance du facteur de polymérisation ressort d'ailleurs nettement des chiffres consignés dans le tableau suivant ; on remarque qu'elle se maintient dans des intervalles de température au moins aussi considérables que ceux observés par MM. Ramsay et Shields pour quelques acides gras.

Corps	*t*	K
Méthyluréthane	55°9 — 101°2	1.564
	55°9 — 150°9	1.557
Ethyluréthane	65°1 — 107°6	1.500
	65°1 — 152°6	1.537
Propyluréthane (iso)	65°5 — 107°3	1.488
	65°5 — 152°4	1.494

3° Le métacrésol constitue un cas particulier digne de remarque.

Son coefficient de température est constant de 8° à 55°, il augmente ensuite de 55° à 100° pour redevenir constant entre 100° et 160°. La courbe des valeurs de $\gamma(Mv)^{2/3}$ fait ressortir nettement ces variations. Si l'on calcule le coefficient K pour les deux parties droites du graphique, soit entre 9° et 55°,4 et entre 98°,7 et 153°,1, on trouve les valeurs qui suivent, en regards desquelles nous avons inscrit celles des facteurs de polymérisation x :

t	K	x
9° — 55°.4	2.053	1.05
98°.7 — 153°.1	1.89	1.18

Entre 55°,4 et 98°,7, K est égal à 1.55 et x à 1.60. Ces chiffres indiquent bien un changement de polymérisation dans cet intervalle de température : ce liquide est dépolymérisé entre 9° et 55° tandis qu'il est polymérisé entre 98°,7 et 153°,1.

Il est très important de noter le fait nouveau d'un corps dont le facteur de polymérisation est plus élevé à haute température qu'à basse température. A notre connaissance toutes les expériences publiées jusqu'à présent montrent que le facteur de polymérisation a au contraire une tendance à décroître avec une élévation de température.

Nous verrons plus loin que le calcul indirect de la température critique est en parfait accord avec les constatations que nous venons de faire.

Il est difficile de donner actuellement une interprétation probante de cette particularité.

Peut-être est-elle en relation avec un phénomène

de tautomérie : le métacrésol pouvant revêtir deux formes, l'une à fonction phénol, l'autre à fonction cétonique et l'une de ces deux formes étant plus facilement polymérisable que l'autre.

4° Lorsqu'on examine de très près les graphiques représentant les variations de $\gamma\,(Mv)^{2/3}$ en fonction de la température, on constate qu'ils s'écartent cependant un peu de l'allure strictement linéaire.

Ils donnent lieu à de petites perturbations sur l'origine desquelles, il est difficile de se prononcer, mais qui n'en sont pas moins réelles. D'ailleurs la même constatation pourrait être faite sur les déterminations de MM. Dutoit et Friderich. La relation $\gamma\,(Mv)^{2/3} = K\,(t_c - t - d)$ n'est donc pas absolument rigoureuse ; bien que les données expérimentales s'écartent peu de celles fournies par cette formule, celle-ci reste suffisante pour toutes les applications courantes.

5° Les graphiques représentant les valeurs des tensions superficielles γ sont reproduits par la planche II. Ils paraissent s'écarter de la forme linéaire, un peu plus que ne le font ceux des valeurs de $\gamma\,(Mv)^{2/3}$.

Ce résultat n'a rien que de très naturel. On remarquera aussi que la courbe des valeurs de γ pour le métacrésol donne lieu à une anomalie du même ordre que celles constatées à propos des valeurs de $\gamma\,(Mv)^{2/3}$.

IV. Calcul de la température critique.

Nous avons utilisé les résultats de nos mesures pour calculer la température critique par la formule

$$\gamma\,(Mv)^{2/3} = K\,(t_c - t - d)$$

en prenant pour d une valeur moyenne égale à 6 ainsi que MM. Ramsay et Shields l'ont proposé.

Ce calcul a été effectué en prenant pour chaque corps la moyenne des valeurs de K et en calculant t_c pour chaque valeur de $\gamma\,(Mv)^{2/3}$. En regard des chiffres obtenus, nous donnons ceux déterminés expérimentalement (recherches encore inédites de MM. Guye et Mallet) pour cinq des corps étudiés par nous.

On ne doit attacher qu'une valeur très relative aux chiffres concernant les liquides polymérisés.

CORPS	K (moyenne)	t	$\gamma\,(Mv)^{2/3}$	t_c (calc)	t_c (moyenne)	t (obs.)
Anisol	2.30	9	803.45	364.3	364.9	368.5
		54°.6	695.9	363.1		
		98°.8	595.5	363.7		
		152°.9	482.56	368.7		
Phénétol	2.43	49°.2	819.91	361.8	362.6	371.8
		63°.6	706.1	359.5		
		108°.7	607.2	363.9		
		152°.4	504.22	365.3		
Méthyluréthane	1.56	55°.9	612.47	454.5	454.5	
		101°.2	541.6	454.4		
		150°.9	464.55	454.7		
Ethyluréthane	1.51	65°.1	587.81	467.3	466.1	
		107°.6	524.06	466.9		
		152°.6	453.3	464.2		
Isopropyluréthane	1.49	65°.5	610.0	480.6	480.7	
		107°.3	547.8	480.7		
		152°.4	481.18	481.0		
Phényluréthane	1.59	63°.8	857.09	606.8	601	
		108°.8	794.9	601.5		
		152°.8	695.9	594.8		
Valéroxime	1.75	16°.2	636.66	385.3	385.9	
		55°.4	565.12	383.7		
		106°.4	482.44	387.6		
		152°.2	401.7	387.3		

Méthyléthylcétoxime	1.74	13°.8	605.4	366.5	366.5	
		150°.4	366.81	366.5		
Nitrobenzène	2.13	9°.4	954.5	462.7	462.7	
		55°.5	856.54	462.9		
		98°.8	760.9	461.4		
		153°	650.8	463.9		
Benzonitrile	2.12	8°	864.4	419.6	420.4	426.0
		54°.9	757.0	417.3		
		99°.1	673.9	422.4		
		152°.4	561.0	422.5		
Métacrésol	1.90	9°	840.6	457.0	458.2	432.0
		55°.4	745.3	453.3		
		98°.7	678.1	461.2		
		153°.1	575.1	461.5		
Acétate d'éthyle	2.23	9°.5	519.46	248.1	248.2	250.1
		55°.6	413.0	246.6		Y. T.
		77°	373.0	250.1		

Comme on le voit les valeurs calculées sont assez voisines des valeurs observées pour l'anisol, le phénétol, le benzonitrile et l'acétate d'éthyle.

Le métacrésol, dont nous avons déjà signalé les particularités, donne une plus grande différence. Examiné de près, cet écart entre la température critique observée et celle calculée n'a cependant rien qui doive surprendre. En effet, la température critique déterminée expérimentalement est selon toute probabilité celle du métacrésol non polymérisé tandis que celle fournie par le calcul ne peut se rapporter qu'au métacrésol partiellement polymérisé, en raison de la valeur moyenne $K = 1.90$ admise pour le calcul.

Or, d'après toutes les analogies, la température critique d'un liquide polymérisé est certainement plus élevée que celle du même corps dépolymérisé. Confor-

mément à ces déductions, la valeur calculée (458°.2) est supérieure à la valeur expérimentale (432°.0).

Cette interprétation peut être confirmée de la façon suivante : au lieu d'adopter pour valeur de K la moyenne 1.90 qui donne $t_c = 458.2$, on peut calculer la température critique en prenant pour K la valeur 2.05 qui caractérise l'intervalle de température 9° à 55°4 dans lequel le métacrésol est dépolymérisé, ainsi qu'on l'a fait remarquer plus haut.

Ceci revient à multiplier les résultats isolés 457.0 et 453.3 par le rapport $\frac{1.90}{2.05}$ ce qui conduit aux valeurs $t_c = 420.0$ et $t_c = 423.5$ qui concordent un peu mieux avec la donnée expérimentale $t_c = 432.0$.

V. Calcul indirect de la pression critique.

Nos mesures ont encore été utilisées pour le calcul indirect des pressions critiques par la formule de MM. Dutoit et Friderich :

$$p_c = Q \frac{\gamma (Mv_1)^{2/3}}{Mv_1}$$

dans laquelle Q est une constante égale à 11, 1, $\gamma (Mv)^{2/3}$ la tension superficielle moléculaire du liquide au point d'ébullition et (Mv_1) le volume moléculaire à la même température.

Comme $v_1 = \frac{1}{d_1}$, la formule peut s'écrire.

$$p_c = Q \frac{\gamma (Mv)^{2/3} d_1}{M}$$

d_1 étant la densité au point d'ébullition.

On trouvera dans le tableau suivant les pressions critiques calculées pour quelques-uns des corps que nous avons étudiés, ainsi que la comparaison de ces valeurs avec les pressions observées par MM. Guye et Mallet.

Nous n'avons pas calculé les pressions critiques des liquides polymérisés. Elles auraient été trop incertaines, soit en raison des extrapolations à faire pour déterminer $\gamma\,(Mv_1)^{2/3}$ et d_1 au point d'ébullition, soit en raison des doutes que l'on peut avoir sur la constance du facteur de polymérisation de ces liquides jusqu'au point critique.

Corps	$\gamma\,(Mv)^{2/3}$	P_c (calc.)	P_c (obs.)
$C_6H_5 . OCH_3$	482.5	42.7	41.3
$C_6H_5 . OC_2H_5$	465.2	34.4	33.8
$C_6H_5 . CN$	431:1	38.8	41.6
$C_6H_4 \begin{matrix} - OH \\ - CH_3 \end{matrix}$ (méta)	438.1	39.4	45.0
$CH_3\,CO_2\,C_2H_5$	373	38.9	38.0

Il est à noter que toutes les valeurs de $\gamma\,(Mv)^{2/3}$ au point d'ébullition utilisées pour ces calculs sont obtenues par une extrapolation de mesures dont les plus rapprochées sont relatives à des températures de 30° à 40° inférieures à la température d'ébullition. Ces extrapolations ont été effectuées en prolongeant, de sentiment, et jusqu'au point d'ébullition les graphiques donnant les valeurs de $\gamma\,(Mv)^{2/3}$ en fonction de la température.

Dans ces conditions, la concordance entre les valeurs des pressions critiques calculées et observées est plutôt satisfaisante et vient justifier l'emploi de la formule dont nous avons fait usage [1].

[1] Il était intéressant de calculer la pression critique du métacrésol, comme nous l'avons fait pour la température critique, en

VI. Résumé et Conclusions.

Pour terminer, nous croyons pouvoire déduire de nos recherches les conclusions suivantes :

1° On a déterminé expérimentalement les valeurs des tensions superficielles moléculaires de 12 liquides organiques. Parmi ces corps, le benzonitrile, le nitrobenzène, l'acétate d'éthyle avaient déjà fait l'objet de mesures antérieures avec lesquelles nos propres observations se sont trouvées en parfait accord.

2° Ces déterminations nous ont fourni l'occasion de mesurer la courbe de dilatation jusqu'à 155° des liquides étudiés par nous (uréthanes, oximes, anisol, phénétol, nitrobenzène).

3° De l'ensemble de ces mesures est résulté que cinq de ces liquides doivent être considérés comme normaux et non polymérisés. Six autres doivent être regardés comme polymérisés et normaux, dans l'intervalle de température étudié. Enfin le métacrésol se comporte comme un liquide tout à fait anormal donnant lieu a des anomalies dignes de remarques.

4° En ce qui concerne les liquides normaux nous

utilisant la partie droite de la courbe de $\gamma\ (Mv)^{2/3}$ comprise entre 9° et 54°5, c'est-à-dire dans l'intervalle de température où le métacrésol est dépolymérisé. En prolongeant cette partie de la courbe jusqu'au point d'ébullition, on trouve une valeur de $\gamma\ (Mv)^{2/3}$ de 429.4 qui conduit à $P_c = 38.6$ atm. Cette valeur s'écarte encore davantage de la valeur observée (45.0). Peut-être cet écart est-il attribuable au fait qu'au point critique le métacrésol contient encore quelques molécules complexes ?

avons trouvé pour deux d'entre eux, l'anisol et le phénétol, un coefficient de température K plus élevé que la moyenne 2.12 admise par MM. Ramsay et Shields. Sur ce point, nos résultats confirment ceux de MM. Dutoit et Friderich.

5° Les liquides que nous avons reconnus comme polymérisés appartiennent à deux groupes chimiques qui n'avaient encore donné lieu à aucune observation de ce genre, les oximes et les uréthanes.

L'étude approfondie de leurs propriétés a fait ressortir entr'autres les points qui suivent :

a) Dans ces deux groupes, le facteur de polymérisation est relativement constant dans tout l'intervalle de température considéré contrairement à ce que l'on observe généralement,

b) Le groupe des uréthanes présente une propriété caractéristique et nouvelle : les homologues supérieurs sont plus polymérisés que les inférieurs à l'inverse de ce qui a été trouvé jusqu'à présent dans le groupe des alcools, des acides gras, des cétones et des nitriles.

6° Nos résultats, rapprochés de ceux de nos devanciers, nous ont permis de faire ressortir le rôle exercé par certaines fonctions chimiques au point de vue de la polymérisation des liquides organiques et de mettre une fois de plus en évidence la nature purement chimique de cette polymérisation par opposition à la conception physique qu'on est tenté de s'en faire au premier abord.

7° L'étude du métacrésol nous a fourni l'exemple d'un cas unique jusqu'à présent : celui d'un liquide normal

et non polymérisé entre 8° et 55° et partiellement polymérisé à une température plus élevée, soit entre 55° et 100°.

8° Nous avons utilisé nos mesures pour le calcul indirect des constantes critiques, au moyen des relations indiquées par MM. Ramsay et Shields et par MM. Dutoit et Friderich. Les résultats auxquels nous sommes arrivés ont donné en général le même degré d'exactitude que celui constaté déjà par ces auteurs.

Genève. Laboratoire de chimie-physique de l'Université, janvier 1900.

SUR LES
PHÉNOMÈNES DES RADIOCONDUCTEURS

PAR

Thomas TOMMASINA

Communiqué à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, dans sa séance du 4 avril 1901.

Dès que j'ai pu prendre connaissance des trois volumes contenant les rapports présentés au *Congrès international de Physique, réuni à Paris en 1900*, je me suis empressé de parcourir la partie qui traite du sujet dont je m'occupe depuis deux ans. Ce qui m'a le plus frappé, c'est le rapport de M. le prof. Chunder Bose [1] : *De la généralité des phénomènes moléculaires produits par l'électricité sur la matière inorganique et sur la matière vivante.* Ce travail, des plus intéressants ; n'ayant pas réussi néanmoins à me convaincre de la solidité de la *théorie de la distorsion moléculaire* que M. Bose voudrait substituer à celle qu'il appelle *l'ancienne théorie de la cohérence* (étant l'un des collaborateurs de celle-ci), j'ai décidé de mettre de côté pour le moment les recherches que je poursuivais alors.

[1] *Rapports présentés au Congrès international de Physique, réuni à Paris en 1900*, t. III, p. 561.

pour entreprendre l'étude d'une série de phénomènes dont je ne m'étais pas encore occupé, et sur lesquels M. Bose appuie ses conceptions hypothétiques.

Cela d'autant plus que les deux principaux rapporteurs du sujet, M. Branly[1] et M. Righi[2] déclarent ne pas considérer comme résolue la question de la nature du phénomène des radioconducteurs, précisément à cause de certaines des constations de M. Bose et de M. Branly sur les effets négatifs, c'est-à-dire, non d'accroissement, mais de diminution de conductibilité électrique de quelques corps sous l'action des ondes hertziennes. Il me semblait que l'étude de ces derniers phénomènes devait très probablement permettre de trouver l'explication des radioconducteurs de Neugswender et de Schafer.

Avant de commencer la description de mes récentes expériences et d'en donner les résultats, j'ajouterai quelques mots à propos de l'assertion de M. Bose que *dans les limailles métalliques sous l'action des chocs électriques, il ne se produit aucun changement visible.* Dans le microscope, M. Arons[3] et moi[4] avons parfaitement vu les mouvements d'orientation des grains, la formation des ponts ou chaînes, et la production d'étincelles (fig. 1). Il est donc démontré, car ces faits ont été ensuite confirmés par plusieurs expérimentateurs, entre autres par M. Semenov (voir sa communication

[1] *Rapports présentés au Congrès international de Physique, réuni à Paris en 1900,* t. II, p. 325.

[2] *Idem,* t. II, p. 301.

[3] *Annalen der Physique und Chemie. Neue Folge.* Band 65, 1898.

[4] *C. R. Acad. d. Sc.* 12 déc. 1898. — *C. R. Soc. Phys. Genève,* 1899. *Arch.* mars 1899.

au Congrès d'électricité), que dans les cohéreurs proprement dits, dans lesquels la limaille est libre de se mouvoir, il y a différentes actions : mécanique, électrique et thermique, ce que j'avais établi dans ma note du 2 juillet 1899, par les trois propositions suivantes, que je maintiens absolument :

1° L'augmentation de la conductibilité des limailles est la conséquence de la formation de chaînes rendues conductrices par des adhérences entre grain et grain.

2° La formation des chaînes dépend de l'orientation de ces corpuscules conducteurs suivant les lignes de force du champ électrique constitué par la différence de potentiel entre les deux électrodes.

3° Les adhérences conductrices sont la conséquence de l'échauffement de très petits contacts produits par l'éclatement d'une série d'étincelles.

Bien que j'eusse la plus absolue confiance en l'exactitude des observations de M. Bose, dans les recherches relatées dans son rapport et dans celles publiées par l'*Electricien* du 21 juillet 1899, j'ai cru nécessaire de répéter surtout celles dont M. Bose avait indiqué l'importance théorique. Ce sont ses expériences sur le sodium et le potassium ; j'ai cru utile de les répéter non seulement pour me faire une idée bien nette de la nature du phénomène, mais aussi dans l'espoir, je dois le confesser, que quelque observation nouvelle me permettrait d'établir peut-être une liaison entre des phénomènes qui semblaient pourtant de nature si différente.

Déjà au mois de mars 1899, j'avais fait une étude du phénomène de la cohérence dans une série de 42 corps, et dans tous à des degrés très variés je l'avais constaté. C'étaient des métaux purs ou des alliages,

à l'état de limaille ou de poudre, mais toujours à sec, c'est-à-dire dans l'air renfermé entre deux électrodes métalliques cylindriques, placées dans un tube de verre. Aucun de ces corps n'avait produit l'effet *négatif*, ou de diminution de conductibilité sous l'action des ondes hertziennes. Comme ces corps avaient été essayés immédiatement après avoir été bien polis et sans trace d'humidité, j'étais conduit à penser que le phénomène négatif constaté par M. Bose devait être dû, ou à la présence du pétrole dans lequel on conserve ces corps, ou à des particules d'oxyde moins conductrices du métal pur, et cette dernière cause me semblait très probable, d'autant plus que M. Branly avait constaté cet effet négatif déjà en 1891, dans d'autres corps et par des dispositifs spéciaux, M. Aschkinass[1], en 1898 et 1899, dans le péroxyde de plomb et dans d'autres substances, et M. Bose lui-même dans l'arsenic, l'iode et dans les bromures de plusieurs métaux[2]. Pour cette série d'expériences, j'ai utilisé le dispositif suivant : L'extrémité formant électrode d'une tige de fer était d'un diamètre un peu plus grand que le restant de la tige et entrait en forçant dans un tuyau de plume d'oie, une autre tige identique était introduite par l'autre bout, après qu'une goutte de pétrole et un petit morceau du métal à étudier, bien nettoyé de tout oxyde, avait été placé dans le tuyau.

L'imperméabilité de celui-ci et son élasticité permettaient de diminuer ou d'augmenter la distance entre

[1] *E. Aschkinass, Wied. Ann.* t. LXVI, p. 284; 1898, t. LXVII, p. 842 ; 1899.

[2] *Rapp. Congrès int. de Phys.*, t. III, p. 561.

les électrodes et de maintenir une certaine pression contre le métal.

Les deux tiges de fer étaient extérieurement recourbées à angle droit et placées chacune dans un petit godet à mercure, où je pouvais interrompre le courant sans donner de secousse au tube et l'ôter facilement du circuit dans certains cas pour régler la pression intérieure. Le circuit comprenait ce radioconducteur, une pile, un galvanomètre et un récepteur téléphonique usuel, tous insérés directement.

Avec du potassium dans le pétrole, j'ai observé la production de la tension critique (celle qui a été ainsi appelée par M. Blondel[1] et qui donne naissance au phénomène de la décohérence avec le maximum de sensibilité aux ondes), en deux positions opposées, tandis que M. Blondel, dans les corps avec lesquels il opérait, avait constaté une position unique. Cette différence indique déjà qu'une action spéciale doit intervenir dans ce cas. L'une des positions était près de la division indiquant le maximum de conductibilité et l'autre de celle du minimum; dans les deux l'auto-décohérence était parfaite et le téléphone donnait un son très net à chaque étincelle de l'oscillateur hertzien. Comme les sons étaient plus forts dans la première position que dans la deuxième, il était évident que l'action était négative, bien que l'aiguille de mon galvanomètre semblât immobile. Mais cette action négative se manifeste d'une manière très évidente lorsque par le réglage de la pression l'on a obtenu l'auto-décohérence à la tension critique supérieure de conductibilité

[1] *L'éclairage électrique,* 22 août 1898, p. 316.

maximum; dans ce cas, par l'action d'une étincelle plus énergique, ou par celle d'une série d'étincelles très rapprochées, un son beaucoup plus intense que les autres se produit dans le téléphone, et l'aiguille du galvanomètre, par une grande déviation négative, indique une forte diminution instantanée de conductibilité. Parfois l'on observe un phénomène curieux, l'aiguille, à la place de retourner à sa position, se fixe à la division correspondante à la tension critique inférieure, et l'auto-décohérence se produit de nouveau, mais avec des sons plus faibles dans le téléphone. Après quelque temps, les sons augmentent d'intensité et un son très fort et sec indique un changement de marche; en effet, l'aiguille oscille largement et finit par se fixer de nouveau à la division correspondante à la tension critique supérieure.

Ayant étudié ce phénomème avec différentes modifications, je pense pouvoir l'expliquer de la manière suivante :

Comme dans la position de tension critique inférieure la résistance est grande, les petites charges statiques induites par les oscillations hertziennes s'accumulent et finissent par produire une ou plusieurs décharges suffisamment énergiques pour modifier fortement l'état de quelques contacts. Elles établissent la tension critique supérieure probablement en chassant l'oxyde qui s'y trouve accumulé et produisant ainsi une meilleure conductibilité. La résistance étant moindre, le courant de la pile qui passe est proportionnellement plus intense et l'oxydation devient plus rapide dans le même rapport, ramenant de nouveau l'état des contacts à ce qu'il était avant. Ce serait donc un cycle formé de transformations successives.

Le sodium donne des résultats semblables, mais avec d'intéressantes modifications, qui confirment la théorie que je viens d'énoncer. J'avais raclé l'une des faces d'un gros morceau de sodium, découpé dans son centre, toujours dans le pétrole, un petit fragment de 1 mm. cube environ, et placé celui-ci avec quelques traces seulement de pétrole dans le tuyau entre les électrodes de fer. Après réglage du contact, j'ai constaté avec le téléphone la décohérence spontanée pour des radiations très faibles ; mais une cohérence persistante, nécessitant un choc pour être détruite, lors de l'action d'étincelles plus énergiques.

Voici la marche que j'ai observée quand la forte oxydation n'avait pas encore eu le temps de se produire :

1° A chaque petite étincelle de l'oscillateur placé à 4 mètres de distance, l'aiguille du galvanomètre indiquait une augmentation de conductibilité, puis reprenait sa position première, donc il y avait décohérence spontanée ;

2° Pour une forte étincelle ou pour deux ou trois étincelles successives très rapprochées, la déviation de l'aiguille était plus grande, sans être double ou triple, et le retour à la position primitive se faisait plus lentement et moins régulièrement.

3° Pour une série d'étincelles très rapprochées ou pour une étincelle très énergique, la déviation était encore un peu plus grande et presque toujours sans retour, l'aiguille indiquant une augmentation de conductibilité fixe et permanente. Dans ce cas un choc donné au tube ramenait l'aiguille à sa position première. Il me semble donc pouvoir conclure que lorsque le sodium n'est pas oxydé il se comporte comme

les autres métaux cohérents ou plutôt comme le charbon et certains minéraux, tels que les galènes, les pyrites et le siliciure de fer. Après quelque temps, le sodium se modifie et l'on finit par obtenir les mêmes phénomènes qu'avec le potassium. C'est le téléphone qui m'a permis d'élucider ce point, et voici comment :

J'avais laissé le sodium dans le tube pendant quelques jours, pour voir quelles modifications se seraient produites dans la marche du phénomène. Après une demi-heure d'essai pour le réglage de la pression sous l'action des ondes, j'ai commencé par constater une augmentation graduelle de sensibilité aux ondes hertziennes, ensuite il se manifesta une diminution. Mais avant d'arriver au point de sensibilité maximum, j'ai entendu, dans le téléphone, pendant presque un quart d'heure, des sons et des bruits très variés et parfois même très intenses. C'étaient des sons aigus et perçants, des grincements, des sifflements prolongés, des bourdonnements saccadés, enfin toute la gamme des sons, peu harmonieux, qui sont produits par la combustion d'une bûche humide. D'après cela, il est impossible de mettre en doute non seulement le phénomène d'oxydation du métal qui a lieu, mais encore une action électrolytique avec décomposition du pétrole ; en effet, après quelque temps, on trouve un dépôt noir de carbone dans le tube.

Cette auscultation téléphonique est des plus intéressantes, et je pense qu'il serait très utile de la faire intervenir dans l'étude des phénomènes d'électrochimie, spécialement lorqu'on a des doses minimes de substance.

Il fallait maintenant étudier la manière de se com-

porter des particules d'oxyde dans le phénomène des radioconducteurs recherchant ainsi la cause de l'auto-décohérence ou décohérence spontanée. La polarisation des solides diélectriques dans les liquides diélectriques sous l'action d'un champ électrostatique a été démontrée par Faraday et obtenue ensuite par plusieurs physiciens, mais la polarisation simultanée des limailles métalliques très conductrices, comme celle d'argent, par exemple, avec des poudres non conductrices comme le quartz, le verre pilé, le soufre, etc., dans un liquide diélectrique tel que le pétrole sous l'action du flux oscillant d'une bobine d'induction, n'a pas encore, que je sache, été signalée. Dans tous les cas, mes recherches ayant un but spécial, ont leur raison d'être. J'ai adopté le dispositif du pendule, constituant une électrode, avec support mobile à crémaillère, une lame de nickel, formant l'autre électrode, étant placée au fond d'une petite cuve rectangulaire en cristal contenant le liquide diélectrique et permettant l'observation à la loupe. Par des mouvements du pendule, j'ai pu former dans le pétrole des chaînettes avec toute sorte de corpuscules non conducteurs. J'ai passé ensuite aux mélanges avec des limailles métalliques et j'ai constaté que :

1° Lorsque le champ électrique est peu intense, il se forme seulement des chaînes de fragments diélectriques, probablement à cause de leur légèreté ;

2° Augmentant graduellement l'intensité du champ, les grains de limaille se mettent en mouvement et s'élancent pour former des chaînes mixtes ;

3° Faisant croître encore la différence de potentiel entre les deux électrodes, l'on voit apparaître le long

de la chaîne des étincelles, qui rejettent au loin ou brûlent les chaînons diélectriques, de façon qu'après quelques temps la chaîne n'est plus composée que de limaille métallique ;

4° Sous l'action continue du champ intense l'on voit ensuite se produire la soudure des grains métalliques formant des morceaux de chaîne rigide.

J'ai pu aussi observer plusieurs de ces différents phénomènes produits par l'action des ondes hertziennes, avec un cohéreur spécial adapté au porte-objets d'un microscope (fig. 1). Dans ce cas l'extrême faiblesse du champ est compensée par ses dimensions

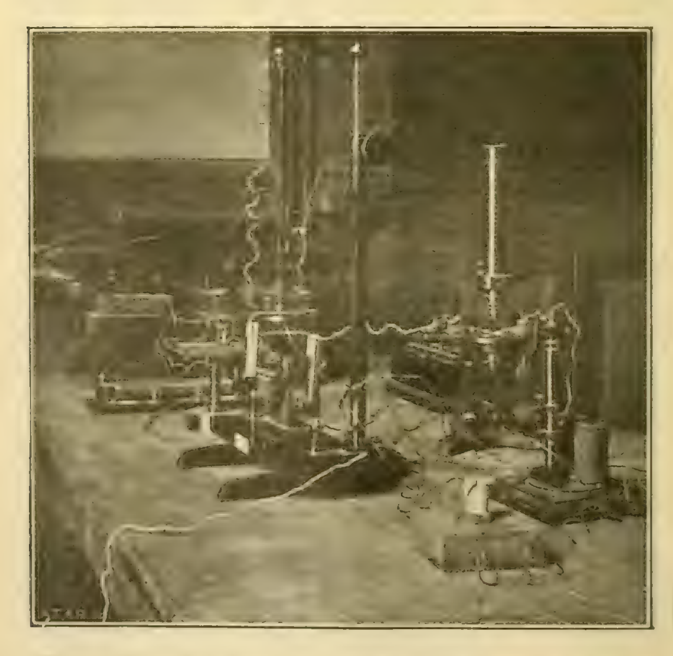


Fig. 1. — Dispositifs utilisés le 9 décembre 1898 pour l'obtention de chaines de limailles dans l'air : verticales sous l'action des courants de self-induction et horizontales sur le porte-objets du microscope, *par la seule action des courants induits par les ondes hertziennes dans le circuit du cohéreur.*

très réduites. Mais il faut tenir compte qu'il y a aussi l'action du courant de la pile dans le circuit de laquelle se trouve inséré le cohéreur spécial, celui-ci substituant dans le dispositif de réception le détecteur d'ondes.

De même que la cohérence permanente, l'autodécohérence ou décohérence spontanée serait ainsi expliquée, et je pense pouvoir affirmer que ce phénomène est dû à un état d'équilibre instable dont la cause est l'intervention de particules polarisées d'oxyde ou d'autres substances diélectriques s'interposant sous l'action des ondes herziennes entre les contacts métalliques et formant des points moins bons conducteurs.

L'on pouvait en déduire, et mes expériences l'ont confirmé, que toutes les limailles métalliques (même de métaux très peu oxydables comme l'argent, l'or et le platine), mélangées à des poudres diélectriques chimiquement inactives, comme le verre pilé, devaient reproduire l'action négative, et la subséquente décohérence spontanée, précisément comme dans les corps étudiés par M. Bose, les particules diélectriques qui entrent en jeu sont celles produites par l'action chimique ou que la constitution même de ces corps donne, car il ne faut pas oublier que le phénomène a toujours lieu entre deux électrodes métalliques. En effet, l'on obtient des radioconducteurs décohérents, c'est-à-dire se décohérant spontanément, par une simple tache presque invisible d'iode, sur la face d'une des électrodes en contact avec l'autre ; de même que par des traces d'huile ou d'oxyde.

Il me restait encore un autre point important à élucider, c'était l'action due à la présence du liquide diélectrique remplaçant l'air ou le vide relatif des autres cohéreurs.

Le même dispositif que j'ai décrit déjà m'a permis de faire cette étude, laquelle m'a conduit à la découverte d'un fait nouveau et à la création d'un nouvel appareil, l'électroradiophone à sons très intenses que j'ai décrit le 11 mars à l'Académie des sciences[1].

Les phénomènes produits par un liquide immergé dans un autre liquide d'une diélectricité différente, sous l'action d'un champ électrique, sont très variés et des plus intéressants à observer ; je réserve ce sujet pour un autre travail, car il me faudra aussi l'illustrer de quelques dessins.

Je ne décrirai ici que celui qui a trait à ma dernière découverte et qui en explique la cause.

Lors de mes recherches sur la formation des chaînes mixtes de limailles métalliques et de poudres diélectriques dans un liquide isolant dont je viens de parler, j'avais essayé différents liquides et j'avais fait la remarque que dans la glycérine si le circuit était fermé je ne pouvais obtenir aucune chaîne, même de limaille d'argent, le liquide donnant lieu à un fort dégagement immédiat de bulles gazeuses qui recouvraient le pendule, indiquant donc une action électrolytique. Au contraire, à circuit ouvert, c'est-à-dire avec l'*une seule* des électrodes reliée à l'un des pôles du secondaire de la bobine de Ruhmkorff, en laissant le pendule quelque temps sur la limaille d'argent placée sur la lame de nickel et en le remontant ensuite très doucement, j'ai vu se former la chaînette de limaille d'argent ; mais en y ajoutant une poudre non conductrice, aucune chaînette ne se formait plus. Cette constatation était pré-

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, t. CXXXII, p. 627 et 628.

cieuse, car elle me donnait l'espoir d'obtenir un autre type de cohéreur autodécohéreur à effet négatif, comme celui de Neugswender, donc un *anticohéreur*.

Mais auparavant j'ai voulu connaître si possible la cause de ce phénomène que seule la glycérine m'avait alors permis de constater. J'ai placé dans la petite cuve, sur la lame, une couche de glycérine et sur celle-ci du pétrole. En faisant descendre le pendule et puis en le faisant remonter, j'ai vu se former dans le pétrole une bosse sur la glycérine, ou mieux de glycérine, et, entre celle-ci et le pendule, un chapelet fait de gouttes de glycérine et de bulles gazeuses et j'ai observé que jamais une goutte n'adhérait directement à la goutte suivante, il y avait toujours entre elles dès la formation du chapelet une ou deux bulles gazeuses faciles à reconnaître celles-ci étant sphériques, tandis que les gouttes ont une forme ovoïde (fig. 2).

Une observation prolongée m'a permis de voir se produire irrégulièrement dans l'*intérieur*, tantôt de l'*une*, tantôt de l'*autre goutte*, un mouvement circulatoire ou rotatoire d'une *quantité de très petites bulles*. L'axe de rotation varie de temps en temps et lorsqu'il reste invariable le mouvement change de sens plusieurs fois. Dans les gouttes plus allongées, j'ai pu observer deux mouvements des petites bulles, disposés comme deux cercles tangents inscrits dans une ellipse. Ces mouvements démontrent qu'une décomposition, due probablement à une action thermique et électrolytique, a lieu au point de plus faible contact. Parfois j'ai vu aussi les grandes bulles et les gouttes se déplacer et même tourner sur leurs points de contact sous l'action des jets gazeux. J'ai pu observer ces jets gazeux d'une

façon très distincte dans les chaînettes de fragments de fer dans l'huile de vaseline aux points de plus petit

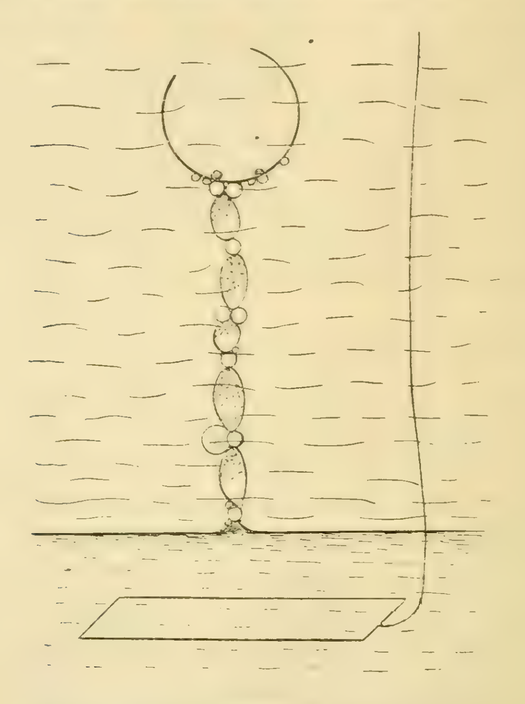


Fig. 2. — Chapelet de gouttes de glycérine et de bulles gazeuses dans le pétrole.

contact, jets accompagnés de projections de bulles minuscules (fig. 3).

Enfin, dans le chapelet de gouttes polarisées de glycérine dans le pétrole, j'ai constaté :

1° Que les gouttes peuvent être très remplies de petites bulles au point de ressembler à des boules ovoïdes de neige, ou être limpides et ne contenir les petites bulles que dans la partie supérieure ;

2° Que les mouvements rotatoires ont une marche

indépendante dans les différentes gouttes et on les voit s'arrêter ou tourner en sens contraire dans l'une, tan-

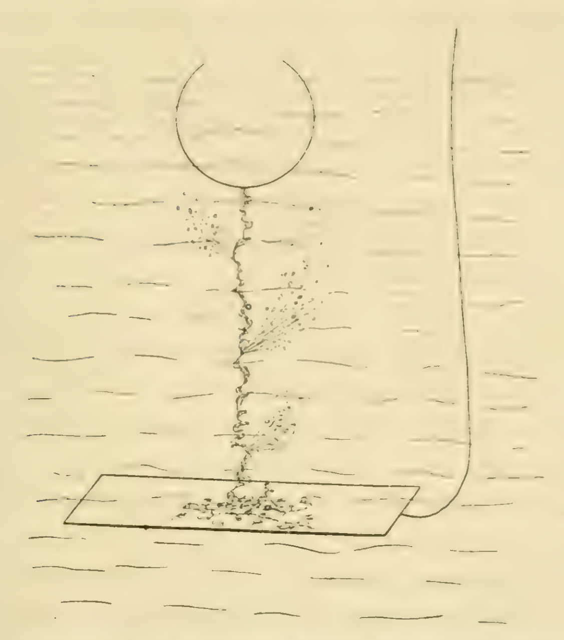


Fig. 3. — Chaîne de limaille de fer avec jets gazeux dans l'huile de vaseline.

dis qu'elles continuent la même marche dans l'autre et que dans plusieurs aucun mouvement n'est visible. Ce fait est très important, car il démontre à lui seul que le phénomène est dû à une action électrolytique et non à la simple convection électrique.

3° Que la même variété et indépendance de marche se manifeste dans les mouvements tournants des grosses bulles qui séparent dans le chapelet les gouttes de glycérine l'une de l'autre. Ces bulles sont luisantes et ressemblent à des perles ou mieux à des sphères d'ar-

gent poli et deviennent mates lorsqu'une condensation avec rotation intérieure se produit.

Quand le mouvement rotatoire commence, l'on entend un bruit spécial parfois assez accentué. Lorsque l'on interrompt le courant inducteur le chapelet tombe et disparaît ; mais si on laisse subsister un flux unipolaire, les bulles se détachent et le chapelet reste formé des seules gouttes de glycérine.

Je pense continuer l'étude de ces phénomènes qui semblent très intéressants.

Pour l'utilisation de ces résultats dans les radioconducteurs, j'ai adopté le dispositif très simple que j'ai décrit au commencement, celui des électrodes en fer dans le tuyau de plume qui m'avait servi pour les expériences avec le potassium et le sodium, ayant toujours dans le circuit de la pile un galvanomètre et un téléphone usuel.

J'ai préparé un mélange de limaille d'argent avec de la poudre très fine de lycopode dans une goutte de glycérine et ai introduit le tout dans le tuyau entre les électrodes en fer. Après quelques tâtonnements pour le réglage de la pression, j'ai fini par obtenir le point de tension critique avec le phénomène de l'auto-décohérence accompagné d'un autre phénomène. Le téléphone, à la place de répondre à chaque étincelle de l'oscillateur hertzien par un faible son nécessitant l'approche de l'oreille au cornet, se mit à donner des sons tellement intenses que l'oreille ne pouvait pas les supporter.

Avec un seul élément de pile sèche ou un petit accumulateur, j'entendais distinctement les sons en me plaçant en un point quelconque de la salle. Avec deux

éléments on l'entend à près de vingt mètres de distance. Enfin le son est identique à celui qu'on perçoit lorsqu'on interrompt le circuit et, en effet, cet anticohéreur produit un tel accroissement instantané de résistance qu'on peut dire qu'*il constitue un vrai interrupteur du circuit de la pile agissant par la seule action des ondes hertziennes*. Le courant, induit dans le circuit du récepteur par chaque décharge oscillante, doit produire dans le mélange une action qui supprime momentanément un ou plusieurs des petits contacts. L'aiguille du galvanomètre descend vers le zéro, mais reprend un instant après sa position initiale (ici la pression doit certainement jouer un rôle), l'aiguille s'arrête parfois dans des positions intermédiaires ; mais quelle que soit la position de l'aiguille à l'instant où l'étincelle éclate, on observe toujours une déviation indiquant un accroissement de résistance.

Lorsqu'on augmente l'intensité du courant primaire qui traverse l'anticohéreur, les sons deviennent toujours plus intenses mais l'aiguille du galvanomètre se fixe au point plus élevé de tension critique et, si le réglage est parfait, elle devient presque immobile pendant que le téléphone fait entendre les mêmes sons très forts. Ce fait ne peut être attribué qu'à l'instantanéité de l'action.

J'ai pu constater expérimentalement que c'est bien le diélectrique liquide (qui remplace l'air dans ce radioconducteur) qui est la cause de ce phénomène. En effet, ayant ajouté de la glycérine dans des cohéreurs à limaille, à charbon ou à mélange de limaille et de poudre isolante, l'accroissement de l'intensité des sons dans le téléphone a eu lieu immédiatement avec l'effet

négatif indiquant la transformation de tous ces cohéreurs en anticohéreurs.

C'est la glycérine pure ou mélangée avec de la vaseline, qui fait produire les sons les plus intenses, mais on obtient l'effet négatif plus ou moins bien avec tous les liquides diélectriques, même avec l'eau distillée. De même l'on peut utiliser toutes sortes de limailles, mais c'est celle d'argent qui semble donner le meilleur résultat. Quant aux poudres isolantes elles peuvent être quelconques sans modifier en rien le phénomène; lycopode, soufre, silice, verre pilé, anthracite, etc.; leur rôle est d'empêcher la cohérence permanente surtout avec la limaille d'argent et de permettre une pression suffisante pour faire agir un courant plus énergique dans l'anticohéreur,

J'ai construit des anticohéreurs aptes à fonctionner dans l'intérieur d'un récepteur téléphonique usuel de la manière suivante : Dans chacun de deux morceaux d'un tube capillaire de thermomètre, longs de 5 cm., j'ai introduit un fil de platine, ceux-ci étant tordus en boucle d'un côté puis enroulés pour former une spirale plane sur l'autre extrémité de chaque tube. J'en ai fait entrer un par le bout portant la spirale dans un tube en verre dont le diamètre intérieur est égal au diamètre extérieur du capillaire. Les deux tubes ont été fondus ensemble à l'autre extrémité en ne laissant dehors que la boucle en fil de platine. J'ai placé alors le mélange pâteux sur la spirale de l'autre tube et introduit celui-ci dans le grand jusqu'à presser le mélange contre la spirale du premier. J'ai fait le réglage de la pression sous l'action des ondes hertziennes et fermé ensuite complètement le tube au chalumeau, laissant dehors

l'autre boucle de platine. Inséré dans le circuit de l'électro-aimant à l'intérieur du cornet d'un téléphone usuel, un de ces anti-cohéreurs constitue le nouvel électro-radiophone à sons intenses, dont la sensibilité est certainement inférieure à celle de celui à charbon, mais qui a l'avantage de servir d'avertisseur sans sonnerie et surtout d'enregistrer sans avoir recours aux relais. Cet appareil est vraiment merveilleux au point de vue démonstratif et se prête aux expériences de cours et à celles de laboratoire, car il permet à un expérimentateur d'entreprendre seul des recherches qui demandent actuellement l'aide d'une autre personne. Quant à la durée, soit de la sensibilité soit de la marche régulière, je ne peux encore rien affirmer, il faut du temps et la découverte est encore trop récente.

J'ai nommé, entre autres liquides donnant plus ou moins bien l'effet négatif, l'eau distillée ; remplaçant par celle-ci la glycérine dans la construction d'un anti-cohéreur, j'ai constaté :

1° L'effet est tantôt d'augmentation, tantôt de diminution de conductibilité, très irrégulièrement et avec tendance à la cohérence permanente.

2° Il se produit plusieurs points de tension critique de cohérence avec décohérence instantanée. Un point s'établit, dure quelques temps, puis tout à coup l'aiguille du galvanomètre oscille et va se fixer à une autre place, et ainsi de suite. Entre 2 et 25 divisions j'ai noté en peu de temps 6 points de tension critique, sans que le radioconducteur ait jamais été touché.

Cette irrégularité de marche et variation de pression interne est certainement due à l'électrolyse de l'eau sous l'action du courant de la pile et des inductions instantanées des décharges oscillantes.

Les anticohéreurs sont donc des cohéreurs spéciaux dans lesquels l'électrolyse joue un rôle important.

Je pense maintenant pouvoir conclure que le phénomène principal est bien celui de la cohérence dont la cause directe est en somme la même que celle qui se manifeste dans le spintéromètre du résonateur de Hertz, et de Sarasin et de la Rive. C'est une différence de potentiel qui produit un minuscule champ électrostatique, lequel donne lieu, dans le résonateur hertzien, à une simple étincelle et, dans les radioconducteurs à tous les effets connus comme conséquence d'un tel champ oscillant compliqué par l'action d'un courant continu, lequel est modifié à chaque accroissement instantané du potentiel, c'est-à-dire à chaque oscillation. Cette modification est due à une polarisation qui se propage de grain à grain ; ceux-ci se chargent et se déchargent à travers le diélectrique gazeux, liquide ou solide. S'il y a possibilité de mouvement, les particules s'orientent, s'alignent et adhèrent, formant des chaînes ou ponts conducteurs, donnant lieu à la cohérence permanente qu'on détruit par un choc, donc au phénomène des *cohéreurs proprement dits.*

Lorsqu'il y a des particules d'oxydes ou d'autres poudres plus ou moins diélectriques, celles-ci se polarisent également sous l'action des ondes hertziennes et interviennent en formant des points ou des chaînons moins conducteurs, ce qui donne lieu à un état d'équilibre instable et aux effets négatifs ou de diminution de conductibilité et conséquemment au phénomène de la décohérence spontanée.

Lorsque celle-ci est produite par la nature même de la substance, comme dans les cohéreurs à charbon ou

par la présence d'oxydes ou d'autres particules plus ou moins diélectriques, l'on a les *cohéreurs auto-décohérents*.

Lorsqu'enfin l'on utilise de la vapeur ou un liquide, ou un mélange contenant aussi un liquide, une action électrolytique a lieu et on a dans ce cas les *anticohéreurs*.

Il me semble donc qu'on pourrait adopter le titre générique de *radioconducteurs* et la subdivision déjà faite par MM. Blondel et Ferrié, dans leur rapport au Congrès d'électricité, en cohéreurs, cohéreurs décohérents et anticohéreurs [1].

Quant aux radioconducteurs de M. Branly, formés par des particules métalliques immobilisées dans une masse diélectrique solidifiée, ils rentrent dans la catégorie des cohéreurs à contact unique : l'hypothèse des déchirures du diélectrique produites par les étincelles suffit pour les expliquer.

Université de Genève, avril 1901.

[1] *L'Eclairage électrique*, n° 39 du 29 septembre 1900, t. XXIV p. 491.

LES

SEICHES DU LAC DE STARNBERG

EN BAVIÈRE

PAR

Hermann EBERT

Professeur à la Technische Hochschule de Munich.

Les faits si intéressants qu'a mis au jour l'étude des mouvements de balancement ou *seiches* du lac de Genève entreprise par M. Forel tout d'abord, puis par Phil. Plantamour et par M. Sarasin, étendue ensuite à d'autres lacs de la Suisse, doivent encourager puissamment l'observation de ce remarquable phénomène dans d'autres pays. Sauf le lac de Constance, dont l'étude a été confiée à une commission des Etats riverains, et dont les seiches ont été plus particulièrement observées par M. Forel et par le comte E. de Zeppelin avec un limnographe Sarasin, les lacs allemands étaient restés jusqu'ici complètement en dehors de ce champ de recherches. Aussi doit-on se féliciter hautement que l'Académie des sciences de Bavière désireuse de combler cette lacune, ait bien voulu mettre à notre disposition les ressources et les appareils

nécessaires pour étendre ces investigations sur les lacs des Alpes bavaroises.

Deux limnimètres enregistreurs transportables, système Sarasin, furent commandés par l'Académie à la Société genevoise pour la construction d'instruments de physique. Le premier livré de ces deux appareils a été installé au lac de Starnberg, près Munich.

Le lac de Starnberg ou « Würmsee », situé à 584 m. d'altitude, est le plus grand des lacs bavarois; il s'étend presqu'exactement du Sud au Nord, du 47°, 49′ au 48°,0′, avec 57,3 kilom. carrés de superficie, une longueur de 19,6 kilom., une largeur maxima de de 4,7 kilom. Son bassin, de forme générale très simple, présente une cuvette allongée d'une profondeur moyenne de 54 m. avec un maximum de 123 m. et une contenance de 3 millards de mètres cubes. Son axe longitudinal s'écarte peu de la ligne droite avec une légère courbure dont la concavité est tournée vers l'E. La moitié sud du lac est large et plate, la moitié nord étroite et profonde.

L'appareil a été placé en premier lieu près de la pointe nord, sur la côte E., près de Kempfenhausen, en face de la ville de Starnberg, très solidement installé sur la galerie d'un pavillon de bain et bien protégé contre les vagues.

Les observations dont nous rendons compte ici se rapportent seulement à la période comprise entre le 7 juillet et le 10 septembre 1900. Mais nous pouvons en déduire déjà un certain nombre de données intéressantes.

1. Le lac de Starnberg présente une oscillation rythmique très nette et persistante, de 25 minutes de

durée, qui est sans aucun doute possible l'oscillation fondamentale, l'uninodale longitudinale. Je donne dans le tableau qui suit les séries les plus nettement mesurées.

Date	Durée T en minutes	Nombre des oscillations mésurées	Amplitude moyenne
7 Juillet	24,79	10	18 mm
8	25,00	9	10
9	24,82	18	12
10	24,79	15	10
10	25,04	10	10
11—12	24,91	44	10
13	24,61	6	7
14	24,79	12	6
17	24.94	37	11
19	24,97	12	5
2 Août	25.06	11	20
3	24,84	10	14
5	25,24	4	22
6	24,96	8	—
8—9	25.37	10	—
9—10	25.00	50	—
10—11	25,38	8	—
13	25,04	5	14
13—14	25,11	43	—
14—16	25,15	109	10
18—19	24,76	20	6
19	24,96	14	10
20—21	25,04	37	22
21—23 Août	24,90	68	50—30 mm
24—26	25,09	100	40
26	25,32	13	20
27	25.19	10	50
27—28	25,19	57	28
2 Septembre	25,22	20	16
4—6	25,04	98	30
6	25,09	13	28
6—7	25,08	53	18
7	24.88	12	16

Comme on le voit par ce tableau et comme M. Forel l'a reconnu déjà pour les seiches du lac de Genève, cette période varie dans d'étroites limites. Elle a visiblement augmenté du 7 juillet au 10 septembre et cette augmentation ressort encore plus nettement si on groupe les résultats en 4 périodes successives comme suit :

7-11 juillet	durée	24,89 (62)
11-19 »	»	24,84 (111)
1-21 août	»	25,07 (329)
21 août-10 septembre	»	25,17 (444)

L'accroissement de la durée d'oscillation résulte en première ligne du fait que le niveau du lac a baissé durant le même temps de 30 cm environ, ce qui devait, bien conformément à la théorie de M. Forel, entraîner un ralentissement du mouvement de balancement. En revanche il ne ressort de ce tableau aucun lien appréciable entre l'amplitude des dénivellations et leur période. La loi de l'isochronisme des oscillations petites et grandes s'applique ici encore.

Des 946 oscillations mesurées, on déduit pour la période entière du 7 juillet au 10 septembre, comme durée moyenne de la seiche uninodale longitudinale du lac de Starnberg :

T = 24,98 minutes ou 24 minutes 59 secondes.

D'après cette première série d'observations, le lac de Starnberg s'est comporté comme un grand pendule faisant une oscillation en 1499 secondes ce qui correspond à un pendule simple de 559 kilom. de longueur, soit 28 fois plus long que le lac lui-même. Comme il s'agit ici d'une vague d'oscillation fixe, la

longueur du lac correspond à une demi-longueur d'onde. La longueur de l'onde étudiée comporte donc environ 39 kilom.

Cette oscillation fondamentale ne manque presque jamais. Elle se produit souvent en série ininterrompue pendant plusieurs jours. Ainsi du 14 août à 7 h. du soir au 16 à 4 h. après midi, on a eu plus de 100 oscillations bien développées. Même lorsque la surface du lac est parfaitement tranquille et que le tracé du limnographe est presqu'une droite, on discerne encore sur celle-ci de faibles ondulations de la période précitée. Lorsque le mouvement pendulaire est parfaitement simple, la courbe tracée est une sinusoïde pure dont chaque branche est absolument symétrique.

2. A côté de cette période fondamentale les tracés en révèlent plus rarement une autre, d'amplitude généralement plus faible, et d'une durée plus courte, de 16 minutes en chiffre rond. Ce mode oscillatoire une fois entrain peut durer d'une manière continue pendant plusieurs heures. Ainsi le 23 août, de 6 h. du matin à 10 heures du soir. La mesure exacte de cette période ressort du tableau suivant :

Date	Durée en minutes	Nombre des oscillations mesurées	Amplitude moyenne
12 Juillet	15,73	30	3 mm
8 Août	15,42	15	—
14	15,87	60	—
20	15,90	10	3
20	15,97	6	3
21	15,93	8	4
23 Août	15.83	49	20
3 Septembre	15,91	21	24
9	15,60	20	8

Pour ce mode oscillatoire encore la période ne dépend pas de l'amplitude. En revanche elle varie faiblement suivant l'époque. Comme moyenne des 219 oscillations mesurées on a pour la période :

t = 15,78 minutes ou 15 minutes 47 secondes.

Il arrive souvent que les deux modes de mouvement se superposent, la courbe affecte alors la forme qui a été appelée par M. Forel « seiche dicrote ». Les deux périodes y demeurent nettement distinctes. Le principe de la coexistence des mouvements oscillatoires lui aussi s'applique ici et la courbe résultante s'obtient par la simple addition des ordonnées des deux courbes composantes.

3. Dans le cas d'agitation violente de la surface de l'eau on a vu se superposer à la courbe principale une oscillation à période beaucoup plus courte encore, 4-6, généralement 5 minutes, qui sont apparues surtout dans la dernière période des observations.

Pour étudier l'influence que les circonstances atmosphériques exercent sur le phénomène des seiches nous avions placé à côté du limnographe un baromètre enregistreur. Nous ne tardâmes pas à reconnaître, ainsi le 24 août 1900, que lorsqu'il se produit des accidents brusques sur la courbe du second de ces appareils (des vibrations d'orage) les oscillations du lac reçoivent une impulsion nouvelle et leur amplitude peut en devenir subitement huit à dix fois plus forte. A la date mentionnée du 21 août, ce mouvement rythmique n'existait presque plus, quand le soir le baromètre marqua sou-

dain une variation de pression de 3 mm de mercure environ et quelques instants après l'amplitude de la seiche longitudinale uninodale atteignait 80 mm. Cette dénivellation de 80 mm de l'eau correspondrait à une variation de pression de près de 6 mm de mercure. Mais une perturbation de cette force répartie même sur toute la longueur du lac correspondrait à un effet comme il ne s'en produit pas dans nos régions, même par les plus violents cyclones. Nous sommes donc obligés d'admettre que ce ne sont pas les variations brusques de la pression atmosphérique seules qui produisent les fortes dénivellations des seiches, mais que les coups de vent qui en sont un phénomène consécutif complètent l'action des premiers.

Il était intéressant ensuite de contrôler la théorie de M. Forel avec les tracés que nous avions obtenus sur ce lac. Nous possédons, en effet, des données très précises sur ses profondeurs et grâce aux sondages exécutés récemment par le professeur Ule de Halle venant après les recherches de M. A. Geistbeck, qui avait déjà donné dans sa monographie des *Lacs des Alpes allemandes* un aperçu très approché de son relief de fond. Par la quadrature mécanique du profil longitudinal d'après Geistbeck, on obtient comme profondeur moyenne de cette section longitudinale $h = 75^{m},7$ d'où l'on déduit par la formule simple $T = \frac{2l}{\sqrt{gh}}$ une durée d'oscillations de 24 minutes en chiffre rond. En faisant le calcul avec la formule de M. du Boys et en partant des mesures de sondages du prof. Ule, on trouve pour la durée d'oscillation 26 $^1/_2$ à 27 $^1/_2$ minutes suivant le

tracé que l'on adopte pour la ligne axiale le long de laquelle se produirait le mouvement de balancement dans la partie sud plus large du bassin du lac. La moyenne entre les deux résultats extrêmes de ces deux modes de calcul est de 25 $^1/_4$ minutes qui s'accorde à $^1/_4$ minute près avec les observations. D'après les calculs la ligne nodale du mouvement de balancement simple traverserait le lac obliquement près de Garatshausen un peu au nord de Tutzing, partageant le bassin entier en deux ventres, l'un au nord plus petit de 9 kilomètres l'autre au sud plus grand de 11 kilomètres de longueur. Il est très surprenant que la seconde des deux périodes observées soit si différente de la moitié de la période fondamentale. Pour tous les lacs étudiés jusqu'ici, sauf le lac de Genève, la durée de la binodale a été trouvée plus longue que la moitié de l'uninodale. La théorie indique que pour une profondeur infinie la durée de la binodale serait exactement la moitié de l'uninodale, $t = \frac{1}{2}$ T, tandis qu'à mesure que la profondeur du bassin diminue ce rapport se rapproche de la valeur $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0{,}71$. Il est de 0,63 pour le lac de Starnberg, beaucoup plus rapproché par conséquent de cette seconde limite que de la valeur 0,50. Tandis que pour le lac des Quatre-Cantons par exemple, d'après les observations de M. Sarasin la période binodale qui est de 24, 25 minutes ne dépasse que de 9,7 $^0/_0$ la moitié de l'uninodale (44,20 mm.) pour le lac de Starnberg, cet écart atteint le 26,4 $^0/_0$, presque trois fois plus fort. On est donc admis à douter qu'on ait à faire ici à la binodale du bassin entier et à considérer

plutôt cette période comme l'oscillation uninodale d'un bassin secondaire.

Deux appareils semblables fonctionnent maintenant simultanément en des points différents des rives du lac. Ces observations combinées pourront seules donner la clef de certaines particularités non encore expliquées des seiches du lac de Starnberg. J'y reviendrai dans une seconde note.

NOTE

SUR LA

GLACIATION QUATERNAIRE

DES

HAUTS SOMMETS DE LA CORSE

PAR

John BRIQUET

La littérature relative aux temps quaternaires ne contient que des renseignements peu précis et en partie contradictoires sur l'action de la période glaciaire en Corse. Quelques observateurs ont émis des doutes sur l'existence dans l'île des traces convaincantes d'une glaciation quaternaire, tandis que d'autres auteurs ont cru pouvoir retrouver ces traces jusque dans les régions inférieures [1]. On aurait cependant tort de mettre en

[1] M. Emm. de Margerie, secrétaire de la Société géologique de France, a eu l'obligeance de nous orienter sur la bibliographie du sujet, qui est passée sous silence dans tous les traités et ouvrages généraux à notre disposition. Nous prions notre aimable correspondant d'agréer tous nos remerciements, ainsi que nos confrères genevois, MM. les professeurs Duparc et Sarasin, auxquels nous sommes redevables de précieux renseignements.

Voici les données bibliographiques auxquelles il est fait allusion ci-dessus et que nous devons à M. de Margerie : Pareti,

doute l'existence d'anciens glaciers sur les hautes cimes de la Corse, dont un bon nombre dépassent 2000 mètres. Nos observations nous permettent au contraire d'affirmer l'existence des traces de ces anciens glaciers ; nous pensons donc qu'il y a quelque intérêt, vu les contradictions entre les documents existants, à consacrer à ces observations les lignes suivantes.

Signalons d'abord les raisons qui ont attiré notre attention sur la possibilité de l'existence d'anciens glaciers en Corse.

Dans les Basses-Alpes et les Alpes maritimes, il est facile de constater les traces d'existence d'anciens glaciers sur le versant méditerranéen. On a sans doute parfois exagéré leur extension en aval. Ainsi, Desor a cru pouvoir signaler la présence de terrain erratique dans les Alpes maritimes aussi bas que le village de Levens, non loin du confluent du Var et de la Vésubie, dans la région de l'olivier. Nous avons parcouru les montagnes des environs de Levens en 1896, sans voir

Cenni geognostici sulla Corsica, in-4, Milano 1845. — Ed. Collomb, Lettre sur un voyage en Corse (*Bul. Soc. géol. de Fr.*, 2me série XI, 1854). — Pumpelly, Sur quelques traces de glaciers dans l'île de Corse (*Bul. Soc. géol. de Fr.*, 2me série XVII, p. 78, pl. I. 1859). — Tabaries de Grandsaignes, Etude géologique sur la Corse (*Bul. Soc. géol. de Fr.*, 2me série XXV. 1865). — *Idem*. De quelques terrains cristallins, sédimentaires et glaciaires de la Corse (*Bul. Soc. géol. de Fr.*, 2me série, XXVI, p. 266, 1866). — Hollande, Géologie de la Corse (*Annales des sc. géol.*, IX, 1877). — Reusch, Note sur la géologie de la Corse (*Bul. Soc. géol. de Fr.*, 3me série, XI, p. 56-67, 1882-83). — Lotti, Appunti geologici sulla Corsica (*Bul. reg. comit. geol. d'Italia*, 1883, p. 65-78). — Girolami-Cortona, Géographie générale de la Corse, Ajaccio 1893. — Ralph Richardson, Corsica (*Scottish geogr. Magazine* X, p. 505-524, carte, 1894). — Nentien, Etude sur la constitution géologique de la Corse, in-4. Paris 1897.

aucune trace de l'existence d'anciens glaciers. M. Bertrand n'en signale pas non plus dans ses recherches sur la partie nord des Alpes maritimes, lesquelles ont paru la même année. Toute la partie des Alpes maritimes qui avoisine le littoral est également vierge de terrain erratique (environs de Coursegoules, St-Vallier, Escragnolles, etc.) d'après les renseignements qui nous sont fournis par MM. Kilian et Zürcher. Ces données confirment entièrement ce que nous avons eu nous-même l'occasion de voir dans cette région en 1896. Ce n'est que bien plus à l'intérieur, là où l'altitude des sommets atteint et dépasse 2000 mètres, que l'on trouve des traces de glaciers suspendus et de quelques glaciers encaissés.

Dans les Basses-Alpes, le phénomène s'est produit sous une forme analogue. M. Kilian, confirmant et développant les données antérieures de Lory et de Saporta, a montré que, dans les vallées, les moraines ne dépassent guère Sisteron pour la vallée de Buech, Digne pour la Bléone et Colmars pour le Verdon. La limite des glaciers non encaissés doit être prise bien en amont de ces points. Lory fixait à 1600 mètres la limite inférieure minimale des glaciers non encaissés.

Voilà déjà des documents de nature à rendre vraisemblable l'existence d'anciens glaciers, au moins de glaciers non encaissés, sur les cimes de la Corse dépassant 2000 mètres, car la différence de latitude de l'île n'est guère, par rapport aux Alpes maritimes, que de 1°.

Cette vraisemblance devient beaucoup plus grande encore si on considère qu'en Espagne la Sierra Nevada possède dans la région alpine, entre 2000 et 3000 mè-

tres, des traces d'anciens glaciers suspendus. Or, la Sierra Nevada est située encore de plusieurs degrés plus au sud que la Corse et participe comme elle au régime méditerranéen.

La première ascension importante que nous avons faite — celle du Monte Cinto, point culminant de l'île (2707 m.) — ne nous a pas donné des résultats très décisifs. L'ascension a été opérée en partant de Calacuccia, par Lozzi et la bergerie d'Ascia. Les pentes au-dessus de la bergerie (environ 1400 m.) deviennent rapidement très raides et aboutissent à des rochers abrupts souvent taillés à pic sur de grands espaces, aussi défavorables au développement d'anciens glaciers qu'à la conservation de leurs traces. Ce n'est qu'au sommet que nous avons été encouragé dans notre espoir de rencontrer des traces de glaciation par la vue du lac Cinto, situé à plus de 2000 mètres dans une dépression entre l'arête du Monte Cinto et le Monte Falo, et qui a toutes les apparences d'un lac morainique. Nous n'insistons d'ailleurs pas autrement sur cette observation qui pourra engager d'autres observateurs à une étude détaillée.

Les prévisions basées sur la situation du lac Cinto ont été entièrement vérifiées au Monte Rotondo (2625 m.).

Lorsqu'on fait l'ascension du Monte Rotondo en partant de la bergerie de Timozzo, on remonte d'abord longuement dans les taillis d'*Alnus suaveolens* jusqu'à la fontaine de Triggione (environ 1900 m.) Jusque là, nous n'avons pas constaté de traces glaciaires convaincantes. Mais le paysage change complètement lorsqu'on atteint le lac du Monte Rotondo (2058 m.) On se

trouve alors en face d'un véritable cirque glaciaire. Au sud se dresse la cime du Moufflon (cima del Muffrone), point culminant du massif. A gauche, l'horizon est barré par l'arête de Riosecco. A l'ouest s'allongent les hautes crêtes qui séparent le vallon de Timozzo du haut bassin de la Restonica. Le lac, entouré de pelouses tourbeuses semées çà et là de volumineux blocs erratiques, s'écoule par une superbe cascade dans la direction du nord. Le bassin est fermé par des dépôts morainiques qui forment des mamelons à sous-sol détritique très caractérisé. Lorsqu'on remonte vers la cime du Monte-Rotondo, on rencontre, effleurant entre les gazons, des surfaces de rochers dont le poli et la striation sont par places conservés, malgré le travail de l'érosion. Les stries et cannelures sont rectilignes, souvent saccadées et, sur les flancs des parois rocheuses, ne coïncident nullement avec la ligne de plus grande pente. Certaines surfaces offrent même un caractère moutonné, les surfaces en amont se présentant plus ou moins lisses, tandis que celles d'aval sont souvent plus inégales et ont subi à un degré moindre l'action rabotante de la glace. Ces caractères glaciaires se manifestent sans interruption jusqu'à ce que les pentes du cirque disparaissent sous les névés dans lesquels nous avons dû (le 23 juillet 1900 !) tailler au piolet bien des pas pour explorer les parois du fond du cirque.

Du sommet, où nous dûmes quelques instants plus tard essuyer un violent orage de grêle, nous pûmes embrasser d'un seul regard l'emplacement de l'ancien glacier du Monte Rotondo. Le cirque présente en coupe transversale la forme générale d'un U. Sur les pentes qui dominent le lac au sud, le fond du cirque est incliné

et doucement arrondi, tandis que dans le bas il offre une surface plate, dont la monotonie est seulement coupée par les creux d'affouillement, les dépôts morainiques et les gros blocs isolés.

Mais le Monte Rotondo n'a pas porté sur ses flancs ce seul glacier du vallon de Timozzo; il a été un centre de glaciation relativement important, dont nous n'avons malheureusement, grâce au mauvais temps, pu voir qu'une partie. Le versant sud-est est occupé par un cirque encore bien plus vaste que le précédent et qui présente dans ses parties supérieures — que nous avons parcourues par le moyen d'un crochet au sud en franchissant l'arête occidentale de la Cima del Muffrone — des caractères glaciaires tout à fait semblables. Ce cirque renferme le lac glaciaire de Bettaniella. A l'est, s'ouvre un troisième cirque plus étroit qui occupe la partie supérieure du vallon de Stazzo Vecchio. Ici encore, il existe un lac glaciaire analogue aux précédents, le lac de Pozzolo.

Ainsi que nous l'avons dit, le mauvais temps ne nous a pas permis d'étendre plus loin nos explorations. Mais l'examen de la carte qui indique des dispositions analogues plus à l'ouest, avec une profusion de petits lacs alpins situés au voisinage de sommets qui dépassent 2000 mètres (la Monicia, Punta Mozello, Punta alle Porte 2317 m., Capo alli Sorbi, Capo al Chiostro, etc.), laissent espérer une moisson future intéressante de documents relatifs aux anciens petits glaciers de cette région.

L'ascension du Monte Renoso (2357 m.), situé à une vingtaine de kilomètres à vol d'oiseau au S.-E. du Monte-Rotondo, a aussi confirmé les observations faites

sur cette dernière montagne. Parti de grand matin de Ghisoni, nous avons suivi la route du col du Verde sur une longueur de 8 kilomètres. On s'élève ensuite à l'W. dans de magnifiques forêts de pins Laricio et de hêtres, jusqu'aux chalets situés vers 1500 m. d'altitude. Si, des chalets on grimpe encore à l'W. directement à travers les pins et les hêtres de plus en plus rabougris, on arrive sur l'arête qui relie la Punta del Oriente (2109 m.) au Monte-Renoso. En continuant vers le S. on ne tarde pas à rencontrer, cachés derrière des mamelons morainiques, plusieurs petits lacs, dont les deux plus grands retiennent l'attention par la coloration très différente de l'eau (bleu dans l'un, d'un gris-noirâtre dans l'autre). Les caractères de ces lacs glaciaires ne présentent rien de nouveau par rapport à celui du Monte Rotondo. Ils sont entourés de ces pelouses tourbeuses caractéristiques, coupées de trous pleins d'eau, auxquelles on a donné le nom de *Pozzi*.

Nous sommes redescendu de là sur le versant E. pour remonter dans les aulnaies le long du thalweg. Jusqu'à environ 2000 mètres, nous n'avons de nouveau pas rencontré de traces convaincantes de glaciation. Puis subitement, nous débouchâmes dans un cirque présentant les mêmes caractères que ceux du Monte Rotondo, quoique beaucoup plus petit. Le bas contient un emplacement d'ancien lac, actuellement transformé en une plaine tourbeuse, traversée par un torrent, laquelle nous a rappelé de très près la plaine de Salanfe dans le massif de la Dent du Midi. L'issue de cette plaine est obstruée du côté de Ghisoni (N.) par des restes de dépôts morainiques appuyés à des roches en place En plusieurs endroits au fond du cirque, les

rochers présentent d'une façon très nette les caractères de polissage et de striation que nous avons relevés au Monte Rotondo.

Ajoutons que, sur le versant de Bastelica (versant S.) on retrouve deux lacs glaciaires semblables à ceux qui viennent d'être mentionnés sur le versant N.

Nous avons, en résumé, établi l'existence d'une glaciation ancienne sur deux des hauts massifs de la Corse, ceux du Monte-Rotondo et du Monte-Renoso ; cette glaciation est certaine aussi pour le Monte-Cinto d'après nos observations et celles de nos prédécesseurs. Nous ne doutons pas que l'étude du massif du Monte d'Oro (2391 m.) n'amène à des résultats analogues. Quant aux autres hauts massifs de la Corse, nous croyons que l'on fera bien d'user de prudence avant d'affirmer chez eux des traces d'ancienne glaciation. La limite inférieure des anciens glaciers suspendus n'étant guère descendue au-dessous de 2000 mètres, toutes les montagnes du Cap Corse se trouvent hors de cause. Dans l'est de la Corse, il n'y a guère que la chaîne de la Punta di Capella (2044 m.) et dans le sud la cime de l'Incudine (2136 m.), qui dépassent la limite en question ; mais elles la dépassent de si peu que les conditions nécessaires à la formation de névés nourriciers étendus paraissent avoir pu difficilement s'y réaliser.

Nos connaissances actuelles sur la météorologie exacte de la région alpine et de la région subalpine de la Corse sont nulles, de sorte qu'il serait oiseux d'épiloguer sur le climat de la période glaciaire en Corse. Ce qui est certain, c'est que les modifications qui se sont jadis introduites dans le régime climatérique des hauts massifs corses pendant leur glaciation quaternaire ont

dû être peu considérables. Il n'est pas rare en effet de mesurer en hiver 4 mètres de neige à Vizzavona à 1162 m.; et, avec un hiver de 8 mois, il existe des névés estivaux dans la région supérieure des quatre hauts massifs de la Corse (Cinto, Rotondo, d'Oro et Renoso). Il suffirait, dès lors, d'une augmentation modérée dans la moyenne des précipitations normales pour transformer de nouveau les névés du versant N. du Monte Rotondo en névés permanents et en glaciers suspendus.

Quant aux conséquences auxquelles entraîne la constatation que nous venons de faire d'une glaciation quaternaire des hauts sommets corses, au point de vue de l'histoire de la flore corse, il y aurait beaucoup à dire. Nous renvoyons le lecteur que ces questions intéressent à un mémoire détaillé que nous faisons paraître cette année dans l'*Annuaire du Conservatoire et du Jardin botanique de Genève*, vol. V.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

MÉTÉOROLOGIE

WILHELM VON BEZOLD. THEORETISCHE BETRACHTUNGEN UEBER DIE ERGEBNISSE DER WISSENSCHAFTLICHEN LUFTFAHRTEN DES DEUTSCHEN VEREINS ZUR FŒRDERUNG DER LUFTSCHIFFAHRT IN BERLIN. F. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1900.

L'association allemande pour le développement de l'aérostation vient de publier un ouvrage considérable, en trois volumes, rédigé par MM. R. Assmann et A. Berson, avec la collaboration de quelques autres savants et aéronautes. Dans cet ouvrage, il est rendu compte d'abord de l'histoire de l'aérostation et de la valeur du matériel des anciennes observations, puis vient un exposé des ascensions exécutées par l'association de 1888 à 1899, enfin le troisième volume est consacré aux résultats généraux que l'on peut déduire des nombreuses observations recueillies.

La publication que nous signalons aujourd'hui est le chapitre final de ce dernier volume. Il est dû à la plume compétente de M. de Bezold, le savant directeur de l'Institut météorologique du royaume de Prusse.

M. de Bezold a divisé ce chapitre en trois parties: Dans la première, il expose brièvement l'importance que prennent dans l'état actuel de la science météorologique, les observations recueillies en ballon. Ces observations permettent de contrôler, de confirmer et d'étendre à l'atmosphère libre les résultats obtenus dans les observatoires de montagne.

Dans la deuxième partie, il développe, par la méthode graphique surtout, les considérations théoriques qui permettent de se représenter les phénomènes produits dans

une colonne d'air verticale. On peut ainsi conclure, par hypothèse scientifique, à des faits qui ont été confirmés par l'observation directe. L'espace nous manque ici pour suivre l'auteur dans ses développements très instructifs.

Dans la troisième partie, M. de Bezold fournit d'abord, dans un tableau et un graphique intéressants, la distribution des valeurs moyennes des trois éléments météorologiques, température, humidité et pression, aux différentes altitudes, d'après les chiffres tirés des résultats d'ascensions par MM. Berson et Süring. Il s'en suit que la *température* décroît en moyenne :

de	12°.6	de	20^m	à	2500^m
»	14°.4	»	2500^m	»	5000^m
»	17°.3	»	5000^m	»	7500^m
»	19°.5	»	7500^m	»	10000^m

La décroissance de la température augmente donc avec l'altitude, contrairement à ce que l'on avait conclu des anciennes observations, moins bien garanties contre les chances d'erreur.

L'*humidité absolue*, comme on le savait, diminue très vite : Elle est, à 2200^m déjà, la moitié de ce qu'elle est à la surface du sol; elle est le quart à 4600^m, le dixième à 6500^m et presque nulle vers 10 000^m.

Les chiffres fournis par MM. Berson et Süring, pour les différentes époques de l'année, accusent clairement la variation annuelle de la température dans les couches moyennes de l'atmosphère. Le minimum a lieu vers la fin de l'hiver et le maximum à la fin de l'été. L'amplitude de cette variation diminue évidemment avec la hauteur, mais elle est encore de 10° à 4000^m. Rappelons seulement ici que les chiffres déduits par M. Teisserenc de Bort des lancers de 240 ballons-sondes confirment que cette variation annuelle de la température existe encore, bien accusée à 10 000^m et au-dessus.

Sans pouvoir nous étendre sur les considérations qui terminent le travail de M. de Bezold, nous voulons seulement reproduire le sens de ses réflexions finales sur les

résultats donnés jusqu'ici par les ascensions aérostatiques européennes et américaines. Il est à craindre qu'elles s'étendent à des régions encore trop restreintes du globe pour fournir des résultats définitifs sur la nature des cyclones et des anticyclones, malgré les progrès très réels qu'elles ont amenés dans nos connaissances. Mais les résultats obtenus ont confirmé si brillamment les considérations théoriques établies antérieurement que l'on peut, sans crainte, continuer dans la voie des déductions théoriques, avec le ferme espoir que les observations confimeront ce travail dans l'avenir, comme elles l'ont fait dans le passé.

R. G.

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

A. Tschirch et G. Weigel. Sur la résine balsamique du larix decidua (térébenthine du mélèze) (*Arch. der Pharm.*, 238, 401-410, 31/8, Berne).

L'acide laricinolique répond à la formule empirique $C_{20}H_{30}O_2$. Les deux atomes d'oxygène doivent exister dans la molécule, soit sous la forme d'un carboxyle, soit sous celle de deux hydroxyles. Il ne peut donc pas représenter un oxyacide. D'autre part, l'action particulière qu'exerce sur lui la potasse caustique rend très improbable la présence d'un carboxyle.

La térébenthine du mélèze renferme en outre jusqu'à 60 % d'un produit acide qui, traité par le plomb, se convertit en deux substances isomériques, les acides α et β larinoliques, dont les solutions alcooliques ne présentent pas d'activité optique.

Les auteurs ont enfin trouvé dans la résine étudiée un corps de la classe des résènes, ainsi que 15 à 16 % d'une huile éthérée Eb. 155-170°, D = 0,872.

A. TSCHIRCH et G. WEIGEL. SUR LA RÉSINE BALSAMIQUE DE L'ABIES PECTINATA (térébenthine de Strasbourg) (*Arch. der Pharm.*, 238, 411-27, 31/8, Berne).

Les auteurs désignent sous le nom d'acide abiénique $C_{13}H_{20}O_2$ une substance amorphe inactive qui s'obtient en agitant la solution éthérée de la résine avec du carbonate d'ammoniaque à 1 %.

En dissolvant la partie acide brute dans l'alcool méthylique, ils ont réussi à isoler un corps cristallin, l'acide abiétolique $C_{20}H_{28}O_2$.

Les acides α et β abiétinoliques $C_{18}H_{24}O_2$ ont été retirés de la partie extraite au carbonate alcalin en traitant celle-ci par l'acétate de plomb.

La térébenthine étudiée contient enfin un corps amorphe blanc, l'abiétorésène $C_{19}H_{30}O$, ainsi qu'une huile éthérée bouillant à 148-165° et de densité 0,860.

A. TSCHIRCH et E. HIEPE. CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU SÉNÉ (*Arch. der Pharm.*, 238, 427-49, 31/8, Berne).

L'anthraglycosennine rouge retirée de différentes espèces de séné a été scindée en trois parties :

1° Partie soluble dans l'éther. — Elle contient la sénéémodine $C_{15}H_{10}O_5$ F. 223-224°, dont le dérivé triacétylé $C_{15}H_7O_5(C_2H_3O)_3$ F. 170°, est identique avec celui que l'on prépare au moyen de l'émodine de l'aloës. L'acide sénéchrysophanique $C_{15}H_{10}O_4$ fond à 171-172°. Enfin, cette partie renferme également un corps amorphe, sublimant en aiguilles rouges F. 163° et fournissant par purification des cristaux de la composition $C_{22}H_{18}O_8$, dont les propriétés sont celles d'un glycoside.

2° Partie soluble dans l'acétone. — Elle fournit une substance amorphe $C_{15}H_{10}O_5$, la sénéisoémodine, et une rhamnétine, la sénérhamnétine, qui n'a pas pu être obtenue à l'état de pureté.

3° Partie insoluble. — Celle-ci se dissout en rouge dans

les alcalis, en noir dans l'acide sulfurique et le phénol. Les auteurs lui ont donné le nom de sénénigrine.

La préparation de l'acide cathartinique à l'aide des feuilles de séné a conduit à un produit brun réduisant la liqueur de Fehling et offrant faiblement la réaction de l'oxyméthylanthraquinone.

A. Tschirch et R. Polacco. Sur les fruits du rhamnus cathartica (*Arch. der Pharm.*, 238, 459-77, 31/8, Berne).

Les auteurs ont isolé un corps jaune, la rhamnocitrine, identique avec la rhamnoxanthine trouvée par l'un d'eux dans les fruits du rhamnus cathartica. Cette combinaison réduit la liqueur de Fehling, forme le miroir d'argent, et se colore en vert foncé sous l'influence du chlorure ferrique.

Les eaux-mères alcooliques de la citrine ont abandonné un corps insoluble dans le toluène, la rhamnolutine $C_{15}H_{10}O_6$, cristallisant en petites aiguilles jaunes F. 260°.

Les fruits du rhamnus cathartica ont en outre fourni la rhamnochrysine, aiguilles jaune orange F. 225-226°, la β rhamnocitrine, la rhamnoémodine F. 254-255° et la rhamnonigrine.

Enfin, les auteurs en ont encore retiré des sucres amorphes, de la pectine, des gommes, quelques principes amers, de la chlorophylle, des graisses et une matière colorante bleue dont ils n'ont pas déterminé la constitution.

E. Schulze. Sur la transformation des substances albuminoïdes dans la plante vivante (*Ztschr. physiol. Ch.*, 30, 241-312, 22/9, Zurich).

L'auteur émet à ce sujet l'hypothèse suivante :

La décomposition des albumines dans les plantes fournit un mélange de substances azotées parmi lesquelles il faut compter les acides aminés de la série grasse et de la série

aromatique, ainsi que les bases hexoniques. Une partie de ces produits subit ensuite une transformation qui donne naissance, dans certains cas, à de l'asparagine, dans d'autres, à de la glutamine. La présence, à côté de ces combinaisons, de la leucine, de la tyrosine, de l'arginine, etc., provient du fait que ces dernières éprouvent dans les différentes plantes une destruction plus ou moins rapide. L'auteur a vérifié l'exactitude de son hypothèse en constatant la présence d'une quantité plus faible d'asparagine et plus considérable de leucine, tyrosine, etc., dans les végétaux ayant peu germé que dans ceux ayant germé davantage.

Otto Nægeli. Détermination de l'acidité de l'urine (*Ztschr. physiol. Ch.*, 30, 313-49, 22/9, Berne).

La titration directe de l'acidité de l'urine, avec intervention de la phénolphtaléïne comme indicateur, fournit, suivant l'auteur, des valeurs exactes.

Pour effectuer cette opération, on verse dans 10 cc. d'urine 3 à 4 gouttes de la solution de phénolphtaléïne, et on ajoute de la soude $\frac{1}{10}$ normale jusqu'à obtention d'une nuance rouge persistante.

La masse journalière de l'urine humaine (1500 cc.) possède une acidité correspondant à 1,45 gr. d'acide chlorhydrique.

A. Tschirch et E. Bruning. Sur la résine balsamique de l'abies canadensis (baume du Canada) (*Arch. der Pharm.*, 238, 487-504, 26/9, Berne).

Cette résine renferme d'abord 13 % environ d'acide canadique $C_{19}H_{34}O_2$, F, 135-136°, qui s'extrait au moyen de la solution de carbonate ammoniacal à 1 %. On y trouve également 0,3 % d'acide canadolique $C_{19}H_{28}O_2$, analogue à l'acide abiétique et fusible à 143-145°, 48 à 50 % d'un produit constitué par les acides α et β canadinoliques $C_{19}H_{30}O_2$, que l'on peut retirer avec la solution de carbonate de soude au centième, 23 à 24 % d'huile éthérée,

COMPTE RENDU DES SÉANCES
DE LA SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE
DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 1er novembre 1900.

O. Billeter. La lampe spectrale de Beckmann. — P. Godet. Le voyage de M. de Tschudi dans l'Amérique du Sud. — F. Tripet. Le Gymnosporangium juniperinum.

M. O. Billeter, prof., présente et décrit la nouvelle *lampe spectrale de Beckmann*, qui permet d'obtenir un spectre durable des métaux volatils.

M. P. Godet, prof., lit une notice sur le *Voyage entrepris dans les années 1838 à 1841 par M. le Dr J.-J. de Tschudi, de Glaris*, pour le compte du Musée d'histoire naturelle de Neuchâtel.

Cette notice contient de nombreux extraits des lettres du docteur, écrites du Chili et du Pérou à M. Louis de Coulon, alors directeur du Musée. M. de Tschudi a séjourné pendant un an environ, avec un seul compagnon du nom de Klee, dans la forêt vierge de Chunchotambo (Andes du Pérou) où il s'était construit une maison de bois et c'est de là que proviennent la plus grande partie des animaux qu'il a envoyés au Musée de Neuchâtel, dans lequel se trouvent la plupart des types décrits plus tard par le voyageur dans sa *Fauna peruana*.

Durant ce voyage, M. de Tschudi fit preuve d'une énergie extraordinaire, car il eut à lutter contre des difficultés qui en auraient découragé bien d'autres et il s'est ainsi

acquis un titre à la reconnaissance des citoyens neuchâtelois.

M. F. TRIPET, prof., présente des exemplaires de *Gymnosporangium juniperinum L.* qu'il a rapportés de la Roche au-dessus de Noiraigue où ce champignon est très commun. Cette Urédinée développe ses téleutospores sur le genévrier commun et ses écidies sur les feuilles du *Sorbus Aria*, Crantz.

Séance du 22 novembre.

L. Favre. Lettres de M. Alex. Agassiz. — Ed. Cornaz. Une inflorescence monstrueuse de maïs. — E. Le Grand Roy. Nouveaux réfracteurs astronomiques.

M. L. FAVRE, prof., lit le résumé de *quatre lettres adressées à M. Bowers, commissaire des pêcheries à Washington, par M. Alex. Agassiz,* au cours d'une récente expédition scientifique de sept mois, entreprise sous les auspices du gouvernement américain qui a mis à sa disposition l'*Albatros*, navire à bord duquel il a déjà fait d'importantes recherches. Parti de San Francisco le 23 août 1899, accompagné de plusieurs naturalistes ayant chacun sa spécialité, et après avoir touché aux Sandwich, M. Agassiz s'est rendu directement aux îles Marquises, où il a commencé une série de dragages et d'explorations des atolls de coraux, poursuivie dans le vaste atoll des Pomotous, dans les îles de la Société, de Cook, Tonga, Samoa, Viti, Nouvelles Hébrides, Ellice, Gilbert, Marshall, les Carolines, les Mariannes, pour enfin aborder à Yokohama avant de retourner à San Francisco.

Les résultats de cette longue et intéressante expédition seront publiés plus tard, avec pièces probantes. Son but était surtout l'étude des coraux, des conditions de leur développement, de leur rôle dans la formation de ces îles du Pacifique. Les conclusions de M. Agassiz, obtenues après tant de travail, sont en opposition avec la théorie de l'affaissement exposée par Dana et Darwin.

M. le Dr Edouard Cornaz présente une *inflorescence monstrueuse de maïs, Zea Mays* (*L*).

Au sommet est un épi femelle à la base d'épis mâles qui y font suite et dont un se termine encore par un petit épi femelle. La même plante avait néanmoins plus bas une inflorescence femelle normale. Bien qu'observé sur une Graminée cultivée, ce fait est d'autant plus intéressant que dans la famille voisine des Cypéracées, une espèce, le *Carex disticha* (Huds.) présente une disposition régulière de fleurs femelles placées à la base et au sommet de l'épi, dont les fleurs mâles se trouvent entre les deux.

M. E. Le Grand Roy, prof. *Nouveaux réfracteurs astronomiques.*

Le grossissement d'un réfracteur étant le rapport des distances focales de l'objectif et de l'oculaire, on peut l'augmenter, soit en augmentant la première de ces distances, soit en diminuant la seconde. Mais ce dernier moyen ne pouvant être employé que dans des limites assez étroites, on est forcé, pour obtenir des instruments de grande puissance optique, de recourir au premier. C'est ainsi qu'on a construit des réfracteurs à monture parallactique de 15 à 20 m. de longueur focale. Ces dimensions, déjà considérables, ne paraissent guère pouvoir être dépassées avec ce genre de monture, tant à cause du poids énorme de l'instrument et de la difficulté de sa manœuvre que de l'impossibilité d'éviter la flexion du tube. Cependant la technique actuelle permettant d'obtenir des lentilles de très grandes dimensions, on s'est ingénié à trouver des dispositifs permettant d'augmenter encore la distance focale. Leur caractère commun est de supprimer ou de diminuer les déplacements du tube de la lunette. Dans la grande lunette de M. Deloncle, exposée à Paris au Palais de l'Optique, le tube est immobilisé ; l'image est dirigée sur l'objectif au moyen d'un sidérostat. On a pu par ce moyen donner à l'instrument des dimensions colossales (diamètre de l'objectif 1m25, distance focale 60 m.). L'image de la lune recueillie au foyer a 60 cm. de

diamètre, et on a pu ainsi obtenir de magnifiques photographies de cet astre, malgré les conditions défectueuses dans lesquelles cette lunette était installée à l'Exposition. Cet instrument pourrait certainement rendre de grands services, à condition d'améliorer la manœuvre du sidérostat. A l'Exposition, il était dirigé par un aide, sur les indications données téléphoniquement par l'observateur placé à l'oculaire. Dans une installation définitive, il serait facile d'en régler les mouvements à l'aide de deux dynamos manœuvrés à distance par l'observateur, et commandant, l'un le mouvement en ascension droite, l'autre le mouvement en déclinaison.

Une autre disposition très ingénieuse est celle de l'équatorial coudé de M. Lœwy, installé à l'Observatoire de Paris. Le tube en est coudé à angle droit. L'un des bras, parallèle à l'axe du monde, reçoit directement les déplacements en ascension droite, ce qui fait décrire à l'autre un cercle parallèle à l'équateur. Les mouvements en déclinaison sont transmis directement à l'objectif. Dans ce but, ce dernier est monté sur une des faces latérales d'un cube placé à l'extrémité du tube mobile, et pouvant être mis en mouvement à volonté par l'observateur à l'aide d'une vis tangente. Un système de miroirs renvoie l'image au foyer de l'oculaire. L'observateur peut ainsi observer sans se déplacer et à l'abri des intempéries. A Paris, cet instrument est réservé exclusivement à l'étude de la lune, dont il donne de très belles images directes de 17 cm. de diamètre ; ces images supportent admirablement la redoutable épreuve de l'agrandissement. L'objectif a 80 cm. de diamètre et 18 m. de longueur focale.

Seance du 7 décembre.

H. Schardt. Oscillations du sol produites par un moteur à gaz.

M. H. Schardt, prof., présente une communication sur les *oscillations du sol produites à La Chaux-de-Fonds par un moteur à gaz.*

Pendant l'été dernier, on a construit dans le voisinage de l'usine à gaz de cette localité un bâtiment pour y installer deux moteurs à gaz de 250 chevaux chacun. Lorsqu'on procéda aux premiers essais, qui n'ont encore porté que sur un moteur, on constata que le moteur communique à ses fondations un mouvement d'oscillation qui se transmet aux maisons voisines. Ces oscillations correspondent exactement au mouvement du piston ; il y en a trois par seconde. Le mouvement oscillatoire ne devient sensible qu'au premier étage ; dans les combles il est comparable au balancement produit sur un bateau à vapeur : la durée de l'oscillation y est aussi d'un tiers de seconde.

La transmission de ces ondulations est très remarquable. Les maisons voisines du moteur ne sont pas toutes affectées. Les bâtiments dans lesquels le mouvement est sensible sont tous situés dans une direction faisant un angle de 50° environ avec la direction des pistons. Enfin des oscillations très fortes se produisent dans des bâtiments situés à 200 m. de l'usine, tandis qu'entre celle-ci et ces bâtiments il y a trois rangées de maisons dans lesquelles on ne sent absolument rien.

Un sondage a été effectué dans le voisinage de l'usine jusqu'à une profondeur de 24 m. Au-dessous de la couche arable on trouve de la tourbe, puis des terrains argileux et plastiques peu propres à la transmission d'un mouvement vibratoire. Les maisons les plus atteintes ont des fondations plus profondes que les autres : peut-être atteignent-elles l'argile glaciaire, moins plastique que celle de la surface et plus apte à transmettre ce mouvement. Peut-être aussi la couche de tourbe joue-t-elle un rôle dans ce phénomène.

Séance du 4 janvier 1901.

F. Tripet. Les Urédinées de l'herbier Morthier. — G. Borel. Le phénomène de l'audition colorée.

M. F. TRIPET, prof., annonce qu'il a classé les *Urédinées de l'herbier Morthier* pour les envoyer à M. le Dr Ed. Fis-

cher, professeur de botanique à l'Université de Berne, qui s'occupe spécialement de ces champignons en vue de la publication d'une flore cryptogamique de la Suisse.

M. le D[r] G. Borel, méd.-oculiste, présente un travail sur le phénomène de l'*audition colorée*.

Il raconte les cas de deux jeunes gens qui présentent ce phénomène. En les examinant, il a constaté un rétrécissement du champ visuel et une diminution de la sensibilité dans une des moitiés du corps, soit deux symptômes caractéristiques de l'hystérie, et il s'est demandé si l'audition colorée ne serait pas elle-même parfois un symptôme de l'hystérie.

Quant à l'explication de ces phénomènes remarquables, M. Borel pense qu'elle doit être cherchée dans des excitations inductrices des centres cérébraux l'un sur l'autre. Le centre auditif et le centre de la mémoire visuelle des mots sont tous deux localisés dans la région pariétale du cerveau. Si une excitation est perçue par le centre auditif, par exemple, le centre visuel, à cause de son voisinage immédiat, est aussi impressionné chez les individus présentant l'audition colorée.

M. Borel rappelle que les cas d'*hémiacromatopsie corticale* accompagnent généralement la cécité verbale, ce qui était le cas dans les deux observations qu'il a présentées jadis à la Société des sciences naturelles.

Le centre de la mémoire visuelle des lettres est pour ainsi dire à cheval sur celui des couleurs ; dans la cécité verbale pure, il y a hémiachromatopsie complète ; ceci explique pourquoi les lettres consonnes ou voyelles, les noms des mois, les noms propres qui sont des images gravées profondément dans la mémoire et que nous voyons avec une fréquence toute spéciale, apparaissent chez les gens nerveux avec une sensation chromatique qui leur est intimement liée.

Ces excitations inductrices se produisent plus facilement dans les cerveaux nerveux et on peut arriver, comme

chez les poètes décadents, à les cultiver et à produire des associations sensorielles de plus en plus bizarres.

En résumé, l'audition colorée est un symptôme morbide ou induction maladive dans le cerveau, une sorte de court circuit qui fait traverser une excitation d'un centre du cerveau à un autre centre, et il faut se garder de cultiver ces détraquements; ces résonances d'un centre sensoriel à un autre sens sensoriel amènent dans la pensée les mêmes désordres qu'une confusion de fils téléphoniques qu'un bonne administration doit veiller à tenir rigoureusement isolés.

Séance du 18 janvier.

A. Maret. Les transpositions intramoléculaires des dithiobiurets. — L. Favre. Monographie de la brême.

M. A. Maret expose les premiers résultats de ses recherches *sur les transpositions intramoléculaires des dithiobiurets pentasubstitués.*

Il a étudié sur de nombreux dithiobiurets de constitution symétrique l'action de l'acide chlorhydrique, qui, comme l'ont constaté MM. Billeter et Rivier, les transforme en pseudodithiobiurets de constitution asymétrique. (*Voir Arch. Sc. phys. et nat.*, 1899, VIII, 421.)

M. L. Favre, prof. *Monographie de la brême.*

Trois coups de filet des pêcheurs de Marin, entre ce village et St-Blaise, amenant le 5 janvier 600 kg. de brêmes; le 3 février 750 kg., et le 25 mars 800 kg. (deux bateaux remplis), fournissent à M. le prof. L. Favre l'occasion de donner sur ce gros poisson (*Abramis brama*, vulgairement *Cormontan*) assez peu connu, des renseignements sur sa structure, ses dents pharyngiennes, ses habitudes et les qualités de sa chair, fort supérieure à celle de la palée (féra, *Coregonus palaea*). Il estime le poids moyen des poissons pris à 500 ou 700 grammes : plusieurs pesaient plus d'un kilog.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIETE DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENEVE

Séance du 7 mars 1901.

L. Duparc et L. Mrazec. Origine de l'Épidote. — L. Mrazec. Lacs salés de la Roumanie.

M. le prof. MRAZEC rend compte des recherches qu'il a entreprises en collaboration avec M. le prof. DUPARC sur l'*origine de l'Épidote*.

L'Épidote est un minéral très banal dans les roches granitiques du Mont-Blanc ; elle paraît particulièrement abondante dans certaines variétés gneissiques ou pegmatoïdes, comme aussi dans celles voisines du contact avec les schistes cristallins.

L'Épidote peut se rencontrer sous trois états différents, à savoir :

1° En cristaux, grains ou prismes terminés allongés selon h^1 g^1, emprisonnés dans divers minéraux.

2° En petits grains ou ponctuations, intercalés généralement selon les clivages de certains minéraux.

3° En cristaux volumineux (plusieurs centimètres) accompagnant d'autres minéraux (quartz fumeux) dans les géodes et les fissures du granit.

Sous la première forme, la seule dont il sera question ici, l'Épidote peut être associée à divers minéraux qui sont dans l'ordre de leur fréquence :

La Biotite : Elle se présente en gros grains jaunâtres, inclus dans les lamelles de ce minéral, ou encore groupés autour de celles-ci. Ces grains sont absolument distincts ;

le mica est alors soit de la Biotite brune, souvent très fraîche, soit du mica vert.

L'Allanite : L'Épidote entoure souvent complètement les grands cristaux d'Allanite et forme avec ce minéral une association absolument intime. Lorsque l'Allanite, incontestablement primaire, est emprisonnée dans le mica, elle se présente alors exactement, comme l'Épidote, sous les mêmes conditions. Parfois même il y a passage de l'Allanite à l'Épidote, et le premier minéral forme de simples taches dans le second, sans que l'on puisse distinguer de contour géométrique nettement caractérisé comme tel.

Le Béryl : Nous avons déjà mentionné l'extrême abondance de jolis prismes terminés d'Épidote dans la protogine à émeraude des Charmoz, et notamment dans le Béryl.

Les Plagioclases : Le même minéral se trouve souvent dans des plagioclases fort acides du groupe des Albite-Oligoclase, caractérisés comme tels sans doute possible, et absolument frais. L'un de nous a déjà signalé cette particularité pour d'autres roches alpines.

Dans les schistes cristallins du contact, l'Épidote est remarquablement abondante. Ces derniers se composent d'un agrégat grenu de quartz de biotite avec plus ou moins de feldspath et de nombreux grains isolés d'Épidote. Ce dernier minéral paraît jouer dans ces roches un rôle analogue à celui de la Biotite.

On considère généralement l'Épidote du granit comme un produit secondaire, dû à la décomposition du mica noir, comme aussi des plagioclases.

Nos observations nous conduisent à n'admettre cette genèse que pour une minime partie de l'Épidote. On rencontre en effet des grains d'Épidote dont le volume est égal ou supérieur à celui du Mica, et si on tient compte des quantités respectives de chaux contenues dans chacun de ces deux minéraux, la genèse de l'un au détriment de l'autre n'est pas démontrable. Il convient aussi de remarquer que l'Épidote se montre aussi bien associée au mica parfaitement frais qu'au mica chloritisé ; il n'est même pas rare de trouver du mica altéré sans trace d'Épidote.

L'origine primaire de l'Allanite est un fait avéré : si on l'admet comme tel, il devient fort dificile de faire de l'Épidote qui l'entoure et qui est étroitement associée à elle, une formation secondaire.

Les Plagioclases parfaitement frais et de *nature albitique* qui parfois emprisonnent de gros grains d'Épidote, peuvent difficilement donner naissance à ce dernier minéral par une décomposition ; on ne saurait y trouver la quantité de chaux nécessaire, et d'ailleurs leur apparence de fraîcheur ne se prête guère à la supposition d'une décomposition.

Le Béryl, enfin, est encore plus démonstratif, l'absence totale de chaux dans ce minéral rend impossible une origine secondaire de l'Épidote, qui n'aurait nulle part trouvé la chaux nécessaire à sa formation.

Un autre argument en faveur de l'origine primaire d'une partie de l'Épidote est fourni par l'examen des variétés très dynamo-métamorphiques et de celles qui, par contre, le sont très peu. L'Épidote se rencontre aussi bien dans les unes que dans les autres, et il n'existe aucune relation entre la quantité de l'Épidote et l'intensité de la structure kataclastique.

En vertu de ces différentes considérations, il nous paraît avéré qu'une partie de l'Épidote des granits des Alpes doit être considérée comme primaire et s'est consolidée avant ou après la formation de la Biotite, en ayant pour conséquence une décalcification du magma. Cette opinion, que nous avons pour la première fois exprimée à propos de la protogine à Béryl, paraît s'étendre à toutes les variétés granitiques du massif du Mont-Blanc.

M. le prof. Mrazec fait une communication sur l'origine des *lacs dits « salés » de la plaine roumaine*. Ces lacs sont particulièrement concentrés dans la partie SE. de la plaine — l'avant-pays de la courbure des Carpathes — et le long du Danube. Dans la première région seule, on connaît plus d'une douzaine de lacs, alignés à peu près du NE. au SO. ; leur superficie peut atteindre plusieurs centaines d'hectares.

Les lacs se trouvent habituellement dans des dépressions du loess, roche qui constitue la plaine roumaine ; leur fond est vaseux.

Les analyses qualitatives et quantitatives qu'on a faites montrent que les eaux de ces lacs sont fortement minéralisées. Les sels principaux sont NaCl, Na_2SO_4 et $MgSO_4$. On peut diviser les lacs, selon leur richesse en sels, en lacs sodiques et en lacs amers.

Les lacs sont nourris par des sources salées ou amères, auxquelles s'ajoutent parfois des sources d'eau douce.

Plusieurs théories ont été émises pour expliquer la formation de ces lacs :

On les a considérés d'abord comme des « Relictenseen », lacs nourris par le retrait de la mer Noire.

M. Draghiceanu[1] les regarde comme dus à l'affaissement de la plaine roumaine à l'époque miocène (helvétienne).

D'après M. Bochet[2], hydrologue français, ce sont des bassins de concentration d'eaux douces.

Enfin, M. Gr. Stefanescu[3] croit que ces lacs sont des dépressions nourries par des sources salées venant des Carpathes, c'est-à-dire que ces sources ont tiré leurs sels des régions salifères des Carpathes et de la région subcarpathique.

La présence du loess, dépôt pleistocène dont la nature aeolienne a été déjà démontrée par M. Mrazec, et l'absence de tout affluent important qui aurait pu apporter de grandes quantités d'eau douce dans les lacs, éliminent nettement les trois premières hypothèses.

La seule théorie qui puisse être discutée est certainement celle de M. Stefanescu, mais des objections puissantes s'élèvent contre l'hypothèse « des filets d'eau salée venant de la montagne. »

[1] M. Draghiceanu. Studii asupra idrologiei subterane, Bucuresci, 1895. p. 74.

[2] Dr C. Istrati. Lareo din Sarditele Romaniei. *Bull. Soc. phys.*, Bucarest, 1894.

[3] Gr. Stefanescu. Note sur le dessèchement de Laculu Seratu. *Anuar. biroul. geol.*, V. 1, 1888.

D'abord, la composition chimique des lacs, — la somme des sulfates est plus grande que celle des chlorures, — puis la présence des lacs amers, sont des faits qui ne parlent nullement en faveur de sources salées venant des massifs de sel, qui, en Roumanie, sont toujours exempts de sulfates.

Puis la grande distance, 30 — 120 km., qui sépare les lacs, de la formation salifère, ne permet guère de croire que des filets d'eau salée puissent conserver leur composition ; ils doivent s'adoucir.

Mais le meilleur argument contre l'hypothèse de M. Stefanescu, c'est que dans la partie des Carpathes et de la région subcarpathique qui se trouve en face de l'avant-pays de la courbure, les couches salifères fortement plissées buttent en faille contre les grès redressés du sarmatien et du pliocène ; ces derniers forment en effet comme une ceinture d'au moins 10 km. séparant l'helvétien de la plaine roumaine ; il est difficile de concevoir comment, dans ce cas, des eaux chargées des sels du salifère auraient pu arriver jusqu'à la plaine roumaine.

Les lacs sont, au contraire, des phénomènes tout à fait locaux. Si l'on tient compte, d'une part, qu'ils se trouvent dans le loess, dont l'origine aeolienne est certaine, et que le loess passe vers sa base à de véritables « Flugsande »[1] ; d'autre part, que des puits forés dans ces régions pour la recherche de l'eau ont révélé sur beaucoup de points l'existence d'eaux salées ou amères à la base du loess, on arrive à la conclusion qu'il doit exister une relation entre la genèse des lacs et celle du loess. On a très probablement affaire ici à une région qui, avant le dépôt du loess, se trouvait dans les conditions de la région des steppes aralo-caspiennes. Il devait exister une quantité considérable de lacs, petits et grands, salés et amers. Après leur dessèchement, leurs sels, qui en partie ont imprégné la vase — des marnes — de leur lit, ont été recouverts d'une couche épaisse de loess, dont les matériaux, provenant de la

[1] Séance du 17 mai 1899. *Bull. Soc. de Hünte*. Bucarest, p. 319.

grande extension glaciaire en Russie, ont été transportés par les vents en Moldavie, Mounténie et la Dobrogea.

Aujourd'hui, l'érosion est arrivée à entamer directement les marnes[1] ou à créer des dépressions alimentées par des eaux souterraines, qui, chemin faisant, se sont chargés de sels des anciens lacs.

Les marais salés de la plaine ne sont donc que des lacs salés d'ordre secondaire, alimentés par de faibles sources salées.

Séance du 21 mars.

Ed. Claparède. Sur l'origine de certaines confusions en psychologie animale. — L. Zehntner. Insectes nuisibles à la canne à sucre à Java.

M. Ed. Claparède signale certaines confusions qui planent sur la *psychologie animale* et sont la source de malentendus et de discussions stériles.

Tout d'abord, c'est une erreur de méthode que de se préoccuper de la question de savoir si les animaux sont conscients ou non, question à laquelle de nombreux biologistes attachent encore une importance illégitime, faute d'avoir adopté le principe de parallélisme psycho-physique. Certains auteurs, en effet, considèrent comme de nature différente les actes psychiques et les actes purement mécaniques, et vont même jusqu'à séparer les animaux en deux groupes, selon qu'ils sont conscients ou non. (Lœb, Bethe, Edinger, etc.). Or, une telle subdivision ne pourrait être établie avec rigueur que si l'on possédait un critérium *objectif* de la conscience; mais la détermination d'un tel critérium est, *a priori*, impossible, puisque ce critérium ne pourrait être établi que si l'on n'ignorait pas cela précisément qu'il a pour mission de nous faire savoir. D'ailleurs, cette manière de concevoir les choses aurait pour résultat de condamner d'emblée toute recherche de

[1] L. Mrazec. Quelques remarques sur le cours des rivières en Valachie. *Ann. du Musée géol.*, Bucarest, 1896, p. 48.

psychologie positive ou de physiologie, puisqu'elle mettrait en question l'action de l'esprit sur le corps, donc un problème métaphysique.

Toute discussion sur la conscience chez les animaux est donc en dehors du terrain des légitimes recherches. Que les animaux soient conscients ou non, les problèmes à résoudre sont les mêmes, ainsi que les méthodes à employer. C'est ainsi que la psychologie animale peut et doit scruter le problème de la plus ou moins grande intelligence des animaux sans se préoccuper de celui de leur conscience : ce sont deux questions dont les solutions ne se préjugent ni ne s'excluent mutuellement. Il faut opposer le simple au complexe, non le simple au conscient. (Cette question de méthode sera étudiée prochainement, avec plus de détails, dans la *Rev. philosophique*).

Une seconde cause de malentendus a sa source dans la terminologie, notamment dans l'emploi du mot *intelligence*, que chacun entend à sa manière, les uns comprenant sous ce terme tout ce qui n'est pas de l'instinct, les autres le réservant pour les actes supérieurs de la pensée, abstraction, raisonnement, perception des relations. En outre, certains auteurs (Wasmann, par exemple) donnent une extension exagérée au mot *instinct*, sous lequel ils comprennent, non seulement les réactions héréditaires, mais encore les associations diverses acquises et fixées par l'expérience. Tout le mal vient de ce que nous n'avons pas de terme courant pour désigner tous ces actes acquis, qui ne sont plus de l'instinct et pas encore de la raison, mais des consécutions d'idées, de simples inférences (phénomènes groupés par les Anglais sous le nom de *sense-experience*, et que l'on pourrait réunir sous celui de « expérience associative »). Il serait à désirer que l'on s'abstînt le plus possible d'employer le mot « intelligence », trop élastique, et que l'on précisât, dans chaque cas particulier, s'il s'agit de « sense-experience » ou de raisonnement — sans oublier que la loi d'économie ne nous autorise à admettre ce dernier que là où, soit l'instinct, soit la simple inférence est incapable d'expliquer les faits.

A la terminologie de Wasmann :

Instinct		Intelligence
Instinct ppt dit,	Associations acquises.	

et à la terminologie courante :

Instinct	Intelligence	
	Associations acquises,	Raisonnement,

qui ont le tort chacune de confondre sous un même vocable des mécanismes notablement différents, il faudrait substituer des termes plus précis, par exemple :

Instinct	Expérience associative (Associations acquises)	Raison

La discussion des faits en serait, sans doute, facilitée.

M. le Dr L. Zehntner rend compte des études qu'il a faites à Java, sur *les animaux qui attaquent la canne á sucre;* les plus dangereux d'entre eux sont des chenilles de lépidoptères, de la famille des *Pyralides* et de celle des *Tortricides.* Ces chenilles sont connues à Java sous le nom de *borers.*

A son arrivée en Malaisie, M. Zehntner se mit à l'ouvrage pour étudier en détail la biologie encore imparfaitement connue des borers, car on ne connaissait alors ni les œufs de ces lépidoptères, ni la durée de leurs métamorphoses.

Les insectes déposent leurs œufs sur les feuilles de la canne; on les trouve placés en ordre imbriqué au nombre de 20-50 et même davantage; ils sont aplatis, de forme elliptique, nus pour certaines espèces *(Diatræa striatalis Sn, Chilo infuscatella Sn, Grapholitha schistaceana Sn)* ou couverts d'un duvet rouge jaunâtre *(Scirpophaga intacta Sn).* Il s'écoule de 7-8 semaines entre la ponte des œufs et l'éclosion du papillon.

Les borers pénètrent dans les jeunes pousses et y creusent des galeries de longueur et de forme différentes sui-

vant les espèces : il en résulte soit un arrêt dans la croissance du végétal, soit la formation d'une multitude de rejetons secondaires, qui, attaqués à leur tour, meurent faute de nutrition. Les borers causent ainsi non seulement la perte de beaucoup de jeunes plantes, mais ils font encore que les cannes mûrissent inégalement, ce qui ne permet d'obtenir que des jus sucrés moins riches et moins faciles à travailler. En outre, certains champignons parasites (*Colletotrichum, Thielariopsis, Schizophyllum*) pénètrent dans le végétal par les blessures causées par les galeries des chenilles.

Les pertes occasionnées par les borers étaient estimées, en 1898, à 100.000 et même à 150.000 fr. pour certaines grandes plantations. Pour combattre l'action néfaste de ces chenilles, il faut en premier lieu détruire les amas d'œufs, en second lieu couper soigneusement les rejetons attaqués. M. Zehntner a cherché à faire connaître aux indigènes comment on reconnaît les plantes attaquées et à quel moment il est préférable de couper les parties malades. Les quelques Javanais mis au courant de la méthode indiquée ont enseigné peu à peu à leurs camarades les procédés de destruction, et actuellement des millions d'œufs de borers sont récoltés de cette manière.

Les œufs recueillis ne périssent pas tout de suite, beaucoup d'entre eux (parfois 50-70 %) sont attaqués par de petites guêpes parasites (*chalcidides*) qu'il est très important de protéger. A cet effet, on place les feuilles de canne portant les œufs dans une boîte en fer blanc, cette dernière est elle-même placée dans une boîte plus grande ; entre les deux boîtes on verse de la mélasse. Les chenilles qui éclosent, tombent dans la mélasse et périssent, tandis que les guêpes peuvent s'évader à l'aide de leurs ailes.

Au début, les planteurs se montrèrent sceptiques, ils craignaient que la méthode préconisée par M. Zehntner ne fût trop délicate pour être confiée à des Malais. Cependant une expérience put être faite dans une plantation de 500 hectares. La première année on se heurta à de grandes difficultés pour enseigner aux indigènes la récolte

des œufs, et il fallut se contenter, pour lutter contre les borers, de couper les pousses attaquées; on n'en coupa pas moins de 3.600.000. La deuxième année on réussit à apprendre aux Javanais à rassembler les amas d'œufs, si bien qu'on en recueillit 110.000, ce qui correspond à plus de 3 millions d'œufs. Cette même année on n'eut à couper que 350.000 pousses attaquées (moins du dixième de l'année précédente). La troisième année on put se contenter de faire la récolte des œufs, et l'on trouva si peu de pousses attaquées, que le chef de l'entreprise n'en voulut pas même tenir compte. Les frais de destruction des borers étaient de 10 fr. par hectare pour la première année, de 4 fr. pour la seconde, et de 1 fr. 50 pour la troisième.

A la suite de cette expérience, si bien réussie, les planteurs se mirent peu à peu à l'œuvre, obtenant de bons résultats partout où ils s'étaient donné la peine de bien instruire les indigènes et de contrôler minutieusement leur travail. Pour rendre cette instruction et ce contrôle plus faciles, M. Zehntner a publié un petit résumé de ses recherches sur les borers, qui est accompagné de figures coloriées et qui a été édité aussi en langue javanaise. Ce guide est actuellement entre les mains de tous les surveillants des plantations, et l'on peut dire que la lutte contre les borers a été aussi bien organisée à Java, qu'elle ne l'est contre n'importe quel insecte nuisible en Europe ou aux Etats-Unis.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

MAI 1901

Le 1er, pluie dans la nuit; très forte rosée le matin; forte bise de 1 h. à 4 h. du soir.
2, très forte rosée le matin; fort vent à 4 h. du soir.
3, très forte rosée le matin; fort vent à 4 h. du soir.
4, très forte rosée le matin; forte bise de 1 h. à 4 h. du soir.
5; forte rosée le matin; fort coup de vent à 6 h. 30 m. du soir.
6, rosée le matin; fort vent de 1 h. à 4 h. du soir; pluie depuis 4 h. 30 m. du soir.
7, pluie dans la nuit et depuis 9 h. du soir; nouvelle neige sur les montagnes environnantes; fort vent à 4 h. du soir.
8, pluie dans la nuit; fort coup de vent et légère averse à 3 h. 50 m. du soir; très fort vent de 10 h. du matin à 1 h. du soir.
9, pluie dans la nuit; fort vent le matin jusqu'à 1 h. du soir.
10, pluie dans la nuit et à 7 h. du soir; nouvelle neige sur les montagnes environnantes.
11, pluie dans la nuit; forte bise de 4 h. à 7 h. du soir.
12, forte bise à 7 h. du matin et à 1 h. du soir.
13, forte rosée le matin; orageux depuis 7 h. 30 m. et tonnerres à 9 h. 15 m. du soir.
15, forte bise de 1 h. à 4 h. du soir.
17, forte bise de 10 h. du matin à 7 h. du soir.
18, forte bise de 10 h. du matin à 9 h. du soir.
19, orage sur le Jura dans l'après-midi; tonnerres au N. et au NNE. de 2 h. à 3 h. 15 m. du soir.
20, rosée le matin; forte bise à 4 h. du soir; éclairs à l'E. dans la soirée.
21, éclairs au sud le soir.
22, éclairs et forte averse à 10 h. du soir.
23, quelques gouttes de pluie à 9 h. du soir.
24, couronne lunaire à 9 h. du soir.
25, quelques gouttes de pluie depuis 2 h. 40 m. du soir; pluie à 10 h. du soir.
26, orageux l'après-midi; fort orage avec grêle depuis 6 h. 25 m.; pluie à 9 h. du soir.
27, pluie dans la nuit; halo lunaire à 8 h. 30.
28, couronne lunaire.
29, éclairs pendant la soirée.
30, fort vent à 4 h. du soir.

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux suivants.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe

MAXIMUM		MINIMUM.	
			mm
Le 1er à 7 h. matin	729.4	Le 2 à 4 h. soir	726.6
7 à 8 h. matin	17,6	7 à 6 h. soir	14.7
14 à 9 h. matin	30,8	12 à 4 h. matin	26.1
17 à 10 h matin	25,3	16 à 4 h. soir	23,5
21 à 8 h. matin	31.3	25 à 6 h. soir	21.8
26 à 11 h. soir	24.9	31 à 4 h. soir	25.1

Résultats des observations pluviométriques faites dans le canton de Genève.

Stations Observ. MM	CÉLIGNY Ch. Pesson	COLLEX J. Gottraux	CHAMBÉSY L. Perrot	SATIGNY P. Pelletier	ATHENAZ J.-J. Decor	COMPESIÈRES Pellegrin
Hauteur d'eau en mm.	19.7	27.7	35.5	15.0	9.5	17.0

Stations Observ. MM.	VEYRIER B. Babel	GENÈVE Observatoire	COLOGNY R. Gautier	PUPLINGE A. Dunant	JUSSY M. Micheli	HERMANCE C. Nyauld
Hauteur d'eau en mm.	49.3	24.1	28.8	41.3	30.0	17.4

Durée totale de l'insolation à Jussy : 224h 10m

GENÈVE. — MAI 1904.

Jours du mois.	Baromètre: Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre: Ecart avec la hauteur normale	Baromètre: Minim. observé au barogr.	Baromètre: Maxim. observé au barogr.	Température C: Moyenne des 24 heures	Température C: Ecart avec la temp. normale	Température C: Minim.	Température C: Maxim.	Fract. de saturation en $^{0}/_{0}$: Moy. des 24 h.	Fract. de saturation: Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation: Minim.	Fract. de saturation: Maxim.	Pluie ou neige: Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige: Nombre d'h.	Vent dominant.	Chemin parcouru par le vent Kil. par heure	Nébulosité moyenne	Insolation. Dur. en heures.	Temp. du Rhône: Moy.	Temp. du Rhône: Ecart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.					h.			
1	728,47	+ 3,52	727,7	729,4	+ 8,36	— 2,70	+ 3,0	+12,7	61	— 8	37	74	. .	. .	NNE. 1	7,1	4	11,4	8,0	— 2,1	1215
2	27,18	+ 2,20	26,6	27,8	+ 9,09	— 2,12	+ 2,0	+16,7	65	— 4	36	80	. . .	. .	var.	7,1	6	6,2	8,0	— 2,2	1185
3	28,37	+ 3,35	27,3	29,3	+11,02	— 0,33	+ 4,8	+17,1	66	— 3	42	85	. .	. .	NNE. 1	7,3	3	8,2	8,9	— 1,4	1155
4	28,34	+ 3,28	27,0	29,6	+11,14	— 0,35	+ 5,0	+16,3	59	—10	26	78	. . .	. .	NNE. 1	8,7	0	12,2	8,8	— 1,6	1155
5	24,52	— 0,58	21,7	27,9	+11,56	— 0,08	+ 4,9	+18,8	59	—10	26	76	. . .	. .	var.	5,4	3	10,2	. .	. . . . .	1095
6	17,71	— 7,43	15,3	21,5	+11,69	— 0,09	+ 7,3	+17,5	65	— 5	40	84	7,1	10	SSW. 2	11,5	10	. . .	9,8	— 0,9	1115
7	16,28	— 8,90	14,7	17,6	+10,28	— 1,65	+ 6,0	+15,5	56	—14	34	80	4,7	4	SSW. 2	13,1	7	9,1	9,8	— 1,0	1105
8	18,95	— 6,27	15,3	23,2	+ 8,87	— 3,20	+ 5,6	+14,8	66	— 4	42	87	1,2	1	SSW. 2	14,1	8	8,2	9,6	— 1,3	1080
9	25,44	+ 0,18	23,4	27,6	+10,33	+ 1,88	+ 5,8	+15,3	53	—17	29	80	0,1	. .	SSW. 2	14,6	6	7,3	9,7	— 1,3	1101
10	27,54	+ 2,23	26,8	28,7	+ 8,91	3,45	+ 5,8	+14,8	73	+ 3	48	88	2,3	2	var.	5,2	10	2,3	7,5	— 3,6	1130
11	28,00	+ 2,65	27,6	28,5	+ 9,39	- 3,11	+ 4,9	+13,0	69	— 1	49	85	. . .	. .	NNE. 1	11,5	8	3,4	7,8	— 3,4	1147
12	26,79	+ 1,40	26,1	27,6	+11,91	— 0,73	+ 9,0	+14,8	73	+ 3	65	81	. . .	.	NNE. 1	14,6	7	5,9	. . .	. . . . .	1155
13	27,76	+ 2,32	26,6	28,6	+15,24	+ 2,46	+ 7,7	+21,9	65	— 5	43	87	. . .	. .	N. 1	4,6	3	11,7	9,3	— 1,7	1145
14	29,23	+ 3,75	27,8	30,8	+15,14	+ 2,22	+10,7	+20,3	68	— 2	51	91	. . .	. .	N. 1	8,3	1	9,0	10,1	— 1,5	1155
15	27,28	+ 1,75	25,4	28,4	+14,07	+ 1,00	+ 7,5	+19,5	59	—11	39	85	. . .	. .	N. 1	6,3	0	12,7	10,0	— 1,7	1160
16	24,68	— 0,89	23,5	26,0	+15,23	+ 2,02	+ 7,2	+23,1	50	—20	21	80	. . .	. .	var.	6,3	3	9,2	. . .	. . .	1175
17	24,84	— 0,78	24,4	25,3	+11,41	— 1,94	+ 5,3	+15,1	61	— 9	48	74	. . .	. .	NNE. 2	12,5	4	10,7	12,5	+ 0,6	1195
18	24,87	— 0,79	24,2	26,4	+12,51	— 0,98	+ 5,3	+16,3	70	0	55	83	. . .	. .	NNE. 2	12,1	4	10,8	12,7	+ 0,6	1175
19	27,39	+ 1,68	26,8	28,2	+14,19	+ 0,57	+ 9,8	+19,0	64	— 6	45	79	. . .	. .	NNE. 1	6,7	3	9,0	.	. . . .	1180
20	29,14	+ 3,39	28,5	29,8	+14,92	+ 1,16	+ 7,7	+21,3	58	—12	29	83	. . .	. .	NNE. 1	5,2	0	12,7	13,0	+ 0,7	1165
21	30,20	+ 4,40	28,9	31,3	+15,70	+ 1,80	+ 7,9	+21,6	57	—13	38	82	. .	. .	N. 1	6,1	2	11,4	13,2	+ 0,8	1170
22	29,27	+ 3,43	27,2	30,7	+16,30	+ 2,27	+11,0	+22,3	63	— 7	44	81	4,6	1	NNE. 1	6,9	5	6,4	13,5	+ 1,0	1171
23	27,69	+ 1,80	26,8	28,4	+15,11	+ 0,94	+11,9	+18,8	70	0	50	85	. . .	. .	NNE. 1	7,3	7	5,6	13,5	+ 0,9	1190
24	27,27	+ 1,34	25,7	28,6	+15,71	+ 1,41	+11,7	+20,5	62	— 8	40	85	. . .	. .	N. 1	6,2	6	7,9	14,5	+ 1,7	1185
25	24,50	— 1,48	21,8	25,8	+16,45	+ 2,01	+10,3	+21,0	62	— 8	39	82	0,2	. .	var.	5,8	7	6,7	14,9	+ 2,0	1177
26	23,36	— 2,66	22,3	24,9	+16,51	+ 1,94	+10,8	+24,3	70	0	52	89	3,9	1	var.	6,3	7	8,2	. . .	. . . .	1165
27	24,83	— 1,24	24,2	25,9	+16,55	+ 1,85	+11,3	+22,6	73	+ 3	49	85	. . .	.	NNE. 1	5,4	4	10,0	15,5	+ 2,4	1177
28	25,42	— 0,69	24,8	26,0	+17,81	+ 2,98	+11,5	+24,0	64	— 6	42	82	. . .	. .	N. 1	4,2	4	8,3	15,7	+ 2,5	1175
29	24,39	— 1,77	21,5	25,5	+18,25	+ 3,29	+11,8	+24,3	64	— 6	37	81	. . .	.	N. 1	4,2	7	8,9	15,9	+ 2,5	1180
30	24,26	— 1,94	23,3	25,2	+20,63	+ 5,54	+14,7	+26,8	61	— 9	41	78	. . .	. .	var.	5,2	7	4,5	17,4	+ 3,9	1210
31	25,82	— 0,43	25,1	26,5	+20,31	+ 5,10	+13,9	+28,5	66	— 4	51	83	. .	. .	N. 1	4,2	2	12,6	17,8	+ 4,2	1245
Mois	725,80	+ 0,56			+13,70	+ 0,50			64	— 6						7,87	4,9		11,84	+ 0,12	1162

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1901

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	724,22	724,38	724,89	724,80	724,03	723,49	723,92	724,51
2e »	26,96	26,98	27,54	27,41	26,98	26,34	26,49	27,25
3e »	26,36	26,37	26,94	26,71	25,80	25,07	25,25	26,24
Mois	25,87	25,92	26,47	26,32	25,61	24,97	25,22	26,01

Température.

	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc.	+ 7,48	+ 6,23	+ 7,91	+ 11,68	+ 14,37	+ 13,92	+ 10,68	+ 8,73
2e »	+ 10,47	+ 8,86	+ 11,07	+ 14,10	+ 16,60	+ 17,32	+ 15,85	+ 12,94
3e »	+ 13,81	+ 12,29	+ 15,06	+ 18,16	+ 21,15	+ 21,23	+ 19,59	+ 16,40
Mois	+ 10,69	+ 9,23	+ 11,47	+ 14,76	+ 17,50	+ 17,61	+ 15,51	+ 12,81

Fraction de saturation en %.

1re décade	76	75	73	55	38	44	63	75
2e »	78	79	73	62	52	46	52	69
3e »	80	81	74	58	48	49	57	71
Mois	78	79	74	58	46	46	57	72

	Therm. min.	Therm. max.	Temp. du Rhône.	Nébulosité moyenne.	Insolation. Durée en heures.	Chemin parcouru p. le vent.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		h.	kil. p. h.	mm	
1re déc.	+ 5,02	+ 15,95	+ 8,90	5,7	75,1	9,41	15,4	1134
2e »	+ 7,51	+ 18,43	+ 10,84	3,5	95,1	8,81	....	1165
3e »	+ 11,53	+ 23,15	+ 15,19	5,5	90,5	5,62	8,7	1186
Mois	+ 8,13	+ 19,31	+ 11,84	4,9	260,7	7,87	24,1	1162

Dans ce mois l'air a été calme 28,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NNE. à ceux du SSW. a été 2,40.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 1°,3 E. et son intensité est égale à 34,8 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MAI 1901.

Le 3, brouillard depuis 9 h. du soir.
5, neige.
6, brouillard de 7 h. à 10 h. du matin ; neige à 9 h. du soir : très fort vent depuis 10 h. du matin.
7, neige.
8, neige à 7 h. du matin et à 9 h. du soir ; fort vent à 10 h. du matin.
9, neige.
10, neige depuis 10 h. du matin.
11, neige le matin jusqu'à 1 h. du soir ; brouillard depuis 4 h. du soir.
16, brouillard à 7 h. du soir.
17, brouillard depuis 10 h. du matin.
19, brouillard depuis 9 h. du soir.
21, neige à 4 h. du soir.
22, neige à 7 h. du soir.
23, brouillard jusqu'à 10 h. du matin.
25, neige à 7 h. du matin et à 1 h. du soir ; brouillard à 10 h. du matin, à 4 h. du soir et depuis 9 h. du soir.
26, brouillard à 7 h. du matin et à 10 h. du soir ; pluie à 9 h. du soir.
28, brouillard depuis 9 h. du soir.

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux suivants.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 4 à 1 h. soir	566,1	Le 1er à 4 h. matin	562,7
14 à 1 h. soir	68,7	7 à 7 h. matin	54,3
21 à 10 h. soir	70,5	17 à 10 h. matin	61,5
28 à 10 h. soir	67,9	26 à 4 h. matin	63,8
31 à 10 h. soir	70,7	31 à 4 h. matin	68,1

SAINT-BERNARD. — MAI 1901

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum observé au barographe	Baromètre. Maximum observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum absolu.	Température C. Maximum absolu.	Fraction de saturation moyenne	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°		cm	mm			
1	563,57	+ 0,85	562,7	564,5	− 6,43	− 5,00	− 9,7	− 2,0	70	....	.....	NE.	1	1
2	64,02	+ 1,20	63,6	64,8	− 1,98	− 0,70	− 8,2	+ 6,0	55	.....	.....	SW.	1	3
3	65,29	+ 2,37	64,4	66,3	− 0,51	+ 0,63	− 2,2	+ 4,0	76	.....	.....	NE.	1	4
4	65,89	+ 2,87	65,4	66,1	− 1,04	− 0,04	− 4,0	+ 4,0	78	.....	.....	NE.	1	2
5	63,57	+ 0,46	61,6	65,7	+ 2,06	+ 2,92	− 4,4	+10,5	57	11,0	9,0	NE.	1	2
6	58,26	− 4,94	56,0	61,2	− 3,69	− 2,97	− 4,5	− 0,5	96	12,0	13,1	SW.	2	9
7	54,85	− 8,45	54,3	55,8	− 1,73	− 1,15	− 5,2	+ 4,0	72	9,0	4,6	var.		3
8	56,65	− 6,75	55,0	59,2	− 5,39	− 4,95	− 6,3	− 2,5	78	4,0	2,8	SW.	1	5
9	61,63	− 1,87	59,2	63,7	− 4,18	− 3,88	− 9,2	− 0,8	68	1,5	1,8	SW.	1	1
10	63,09	− 0,51	62,9	63,5	− 3,53	− 3,37	− 5,6	+ 3,2	70	9,0	6,5	var.		10
11	63,15	− 0,54	62,5	63,9	− 3,76	− 3,74	− 6,2	+ 2,2	78	0,5	1,2	NE.	1	10
12	65,55	+ 1,76	63,9	67,4	+ 0,07	− 0,05	− 5,3	+ 2,6	73	....	.....	SW.	1	6
13	67,81	+ 3,92	67,5	68,5	+ 0,81	+ 0,55	− 3,2	+ 4,8	69	.....	.....	SW.	1	5
14	68,36	+ 4,37	67,9	68,7	+ 2,12	+ 1,72	− 1,7	+ 6,9	68	.....	.....	NE.	1	5
15	66,94	+ 2,85	66,2	67,8	+ 3,41	+ 2,88	− 0,7	+ 8,2	62	.....	.....	NE.	1	3
16	64,33	+ 0,15	63,0	66,6	+ 1,06	+ 0,40	− 1,7	+ 5,0	61	.....	.....	NE.	1	6
17	62,24	− 2,04	61,5	62,7	− 2,41	− 3,21	− 5,5	+ 2,2	62	.....	.....	NE.	1	9
18	63,24	− 1,14	62,0	64,8	− 0,21	− 1,14	− 5,1	+ 2,7	68	.....	.....	SW.	1	7
19	66,12	+ 1,64	64,9	67,2	+ 1,74	+ 0,68	− 2,0	+ 5,6	74	....	.....	SW.	1	5
20	68,32	+ 3,75	67,3	69,6	+ 3,71	+ 2,52	− 1,0	+11,5	64	....	....	NE.	1	2
21	70,07	+ 5,41	69,7	70,5	+ 1,84	+ 0,52	− 1,0	+ 6,0	67	....	3,5	SW.	1	4
22	69,26	+ 4,50	68,5	70,4	+ 3,01	+ 1,56	− 0,1	+ 8,9	62	....	1,0	SW.	1	5
23	67,55	+ 2,69	67,2	68,4	+ 0,49	− 1,09	− 0,9	+ 2,6	79	....	.....	SW.	1	7
24	67,44	+ 2,49	67,1	67,8	+ 0,92	− 0,79	− 2,5	+ 4,4	61	.....	....	SW.	1	3
25	65,53	+ 0,49	64,6	66,9	+ 0,02	− 1,81	− 1,0	+ 2,0	84	....	4,8	SW.	1	9
26	64,23	− 0,90	63,8	65,1	+ 2,56	+ 0,61	− 0,2	+ 6,4	79	....	3,0	SW.	1	7
27	65,87	+ 0,64	65,0	67,2	+ 4,44	+ 2,37	+ 0,5	+ 9,6	66	....	.....	SW.	1	1
28	67,25	+ 1,93	67,1	67,9	+ 5,64	+ 3,45	+ 1,8	+10,1	74	.....	0,8	NE.	1	4
29	66,84	+ 1,43	66,4	67,8	+ 5,92	+ 3,61	+ 2,6	+11,0	64	.....	.....	NE.	1	4
30	67,15	+ 1,65	66,4	68,4	+ 6,02	+ 3,59	+ 2,3	+11,0	65	.....	.....	NE.	1	3
31	69,33	+ 3,74	68,1	70,7	+ 8,16	+ 5,61	+ 4,0	+11,9	57	....	....	SW.	1	0
Mois	564,95	+ 1,41			+ 0,62	+ 0,11			70					4,8

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — MAI 1901.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	561,85	561,34	561,26	561,68	561,74	561,72	561,79	562,07
2e » ...	65,54	65,25	65,16	65,46	65,66	65,70	65,94	66,14
3e » ...	67,42	67,06	67,10	67,32	67,36	67,24	67,35	67,72
Mois ...	65,02	64,63	64,59	64,90	65,00	64,93	65,10	65,39

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Min. obs.	Max. obs.
	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc	— 3,47	— 1,07	+ 0,64	+ 0,31	— 3,19	— 4,21	— 5,93	+ 2,59
2e » .	— 0,24	+ 2,62	+ 4,12	+ 2,80	+ 0,38	— 0,90	— 3,24	+ 5,17
3e » .	+ 4,16	+ 4,47	+ 5,87	+ 5,39	+ 3,56	+ 2,68	+ 0,50	+ 7,63
Mois.	+ 0,28	+ 2,09	+ 3,62	+ 2,92	+ 0,36	— 0,69	— 2,78	+ 5,21

	Fraction de saturation en %			Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige.
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.		mm	cm
1re décade . .	75	59	81	4,1	37,8	46,5
2e » . .	72	53	78	5,9	1,2	0,5
3e » . .	74	56	76	4,4	13,1	....
Mois	74	56	78	4,8	52,1	47,0

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SW a été 0,83.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W. et son intensité est égale à 9,7 sur 100.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME ONZIÈME

(4me PÉRIODE)

1901. — Nos 5 à 6.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

MATHÉMATIQUES

MÉTÉOROLOGIE

PHYSIQUE

CHIMIE

ZOOLOGIE

Compte rendu des séances de la Société neuchâteloise des sciences naturelles.

Compte rendu des séances de la Société vaudoise des sciences naturelles, à Lausanne.

Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.

Compte rendu des séances de la Société de chimie de Genève.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.

